

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

Обучающийся

И.М. Потапов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.А. Козлов

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

Консультанты

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

М.А. Кривова

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

Тольятти 2025

Аннотация

В выпускной квалификационной работе рассматривается технологический процесс производства ступицы, являющейся компонентом ходовой части, от которого напрямую зависят безопасность и долговечность транспортных средств. Актуальность темы связана с потребностью машиностроительной отрасли в повышении эффективности выпуска деталей, снижении затрат на производство и обеспечении стабильно высокого качества продукции в условиях ужесточения рыночных требований.

Целью работы является разработка усовершенствованного технологического процесса, интегрирующего современные методы обработки материалов и принципы ресурсосбережения. В рамках выполнения работы проведен анализ существующих подходов к производству детали. С использованием методов компьютерного моделирования и инженерных расчетов предложены решения, направленные на минимизацию производственных издержек и сокращение цикла изготовления без ущерба для качества продукции.

Результаты работы включают проектирование технологического маршрута, рекомендации по оборудованию, оснастке и инструментам обеспечивающие точность обработки и снижение доли брака. Проведена экономическая оценка внедряемых решений, подтверждающая их рентабельность и практическую значимость, которая заключается в снижении себестоимости, а также в повышении эксплуатационных характеристик детали.

Структура выпускной квалификационной работы организована в соответствии с требованиями к техническим проектам, содержит графическую часть в объеме 7 листов формата А1 и пояснительную записку, состоящую из 50 страниц. Такая структура обеспечивает комплексный подход к решению поставленной задачи, объединяя теорию и инженерную практику.

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.....	9
1.4 Задачи работы	10
2 Разработка технологии изготовления	12
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	12
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	19
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	21
2.4 Проектирование операций технологического процесса	24
3 Разработка специальной технологической оснастки	27
3.1 Разработка оправки	27
3.2 Разработка токарного резца.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта	35
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	36
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	37
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	39
5 Экономическая эффективность работы	42
Заключение	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А Технологическая документация.....	51
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	59

Введение

Современное машиностроение находится в условиях непрерывного развития, что предъявляет повышенные требования к технологическим процессам производства компонентов транспортных средств. Ступица, как элемент ходовой части, обеспечивает передачу крутящего момента, устойчивость колеса и безопасность движения. Её надежность и точность изготовления напрямую влияют на эксплуатационные характеристики, что делает совершенствование технологий её производства одной из приоритетных задач для предприятий отрасли.

Актуальность работы обусловлена необходимостью поддержания баланса между снижением себестоимости выпуска детали, сокращением производственного цикла и соблюдением жёстких стандартов качества. Традиционные методы обработки металлов, несмотря на их отработанность, зачастую не отвечают современным требованиям по энергоэффективности и минимизации отходов. Кроме того, рост конкуренции диктует потребность во внедрении инновационных решений, способных повысить гибкость производства и адаптивность к меняющимся рыночным условиям.

Целью работы является проектирование усовершенствованного технологического процесса изготовления ступицы, интегрирующего передовые методы обработки материалов и цифровые инструменты оптимизации. Для её достижения необходимо провести анализ существующих производственных методик, выявить узкие места, ограничивающие эффективность, и предложить решения на основе компьютерного моделирования и инженерных расчётов. Для этого необходимо использовать инструменты CAD-систем для проектирования этапов обработки, методы анализа для оценки нагрузок, а также экономико-математические модели для расчёта рентабельности предлагаемых решений. Особое внимание необходимо уделить вопросам ресурсосбережения, включая рациональное использование материалов и энергетических затрат.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Ступица является ключевым элементом ходовой части транспортного средства, обеспечивающим кинематическую связь между колесом и осью. Её основная функция заключается в передаче крутящего момента от приводного вала к колесу, что позволяет реализовать движение транспортного средства. Одновременно ступица воспринимает комплекс динамических и статических нагрузок, включая радиальные усилия от веса транспортного средства, осевые воздействия при поворотах, а также вибрационные и ударные нагрузки, возникающие при движении по неровным поверхностям.

Эксплуатационные условия ступицы характеризуются экстремальными механическими и температурными воздействиями. В процессе работы деталь подвергается циклическим нагрузкам, вызывающим усталостные деформации, и термическим напряжениям, связанным с нагревом от тормозных систем. Дополнительным фактором является агрессивное воздействие окружающей среды: дорожные реагенты, влага и перепады температур способствуют коррозии, что требует применения материалов с повышенной устойчивостью к износу и химическому разрушению.

Функциональная значимость ступицы определяет жесткие требования к её геометрической точности, прочности и долговечности. Нарушение целостности или деформация детали могут привести к дисбалансу колеса, ухудшению управляемости и повышенному износу сопряженных узлов, что напрямую влияет на безопасность эксплуатации транспортного средства. Это обуславливает необходимость использования высококачественных сталей или сплавов, а также применения термообработки и антикоррозионных покрытий для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств.

Учёт перечисленных факторов в технологическом процессе

изготовления ступицы позволяет минимизировать риски преждевременного выхода детали из строя. Оптимизация методов механической обработки, контроль микроструктуры материала и внедрение защитных технологий становятся важными этапами производства, направленными на достижение баланса между прочностью, массой изделия и экономической эффективностью.

1.2 Анализ технологических показателей детали

Технологичность ступицы определяется степенью соответствия его конструкции требованиям эффективного производства, включая минимизацию трудоемкости, себестоимости и сложности обработки при сохранении эксплуатационных характеристик [16].

Серый чугун СЧ-18 ГОСТ 1412-85 [5] относится к перлитному классу материалов с пластинчатым графитом. Его маркировка указывает на предел прочности при растяжении 180 МПа. Основные технологические свойства определяются микроструктурой, с матрицей перлит-феррит плюс графит и «химическим составом, в который входят углерод от 3,2% до 3,5%, кремний от 1,9% до 2,5%, марганец от 0,5% до 0,8%, фосфор менее 0,2%, сера менее 0,12%» [5]. Данные характеристики обеспечивают высокую жидкотекучесть, благодаря содержанию углерода и кремния, что облегчает заполнение сложных форм. Умеренную усадку около 1%, что снижает риск образования горячих трещин. При литье возможны дефекты в виде раковин и пористости при нарушении режимов охлаждения, что требует контроля скорости кристаллизации. При механической обработке графит выступает внутренней смазкой, уменьшая износ инструмента. Низкая твердость от 163 до 229 единиц по шкале Бринелля упрощает точение, сверление, фрезерование, но хрупкость требует аккуратной фиксации заготовок для избегания сколов. Данный чугун подвергается отжигу для снятия литейных напряжений и улучшения обрабатываемости. Графит создает антифрикционные свойства,

но низкая твердость ограничивает применение в узлах с высокими ударными нагрузками.

Таким образом, чугун СЧ-18 обладает высокой технологичностью в литье и механической обработке, но ограничен в нагрузочных характеристиках. Его применение рационально в серийном производстве ненагруженных деталей с требованиями к экономичности и простоте изготовления.

«Оценку технологичности конструкции начнем с определения служебного назначения поверхностей» [8]. «Эскиз детали с пронумерованными поверхностями представлен на рисунке 1» [8].

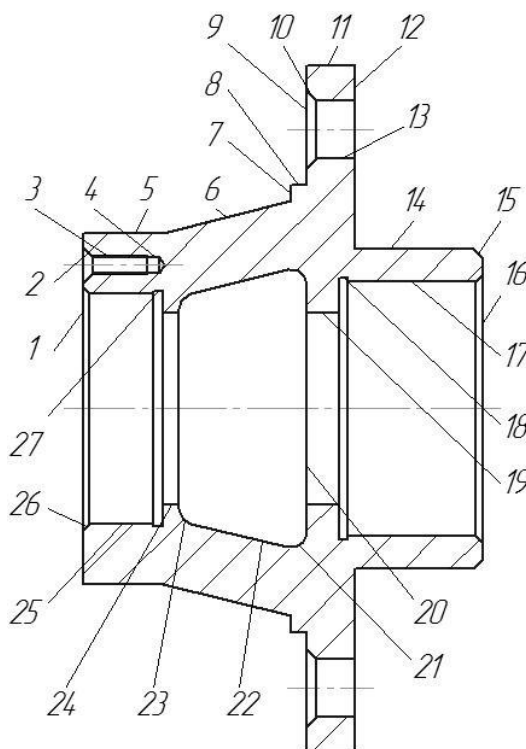


Рисунок 1 – Эскиз детали

«Основные конструкторские базы 17, 18, 25, вспомогательные конструкторские базы 1, 3, 27, исполнительные поверхности 9, 13, все оставшиеся поверхности относятся к свободным» [8].

Конструкция детали включает точные наружные, внутренние

поверхности и большое количество отверстий под разнообразные крепежные элементы. Такая комбинированная конструкция требует сложной многоступенчатой обработки.

Конструкция ступицы демонстрирует высокую степень технологичности, что достигается за счёт рационального проектирования, учитывающего особенности материала и требования производственного цикла. Геометрия детали адаптирована к возможностям литья: сложная форма с фланцем и внутренними полостями реализуется благодаря высокой жидкотекучести чугуна, а равномерная толщина стенок и плавные переходы между сечениями минимизируют риски дефектов, таких как усадочные раковины или трещины. Литейные уклоны и радиусы скруглений упрощают извлечение отливки из формы.

Механическая обработка сведена к минимуму за счёт точности литья, что сокращает производственные издержки. Критические поверхности, такие как посадочные шейки под подшипник и торцы фланца, доступны для обработки стандартным инструментом, а унификация размеров отверстий и резьб позволяет использовать типовые технологические процессы.

Конструкция учитывает требования сборки: совместимость с крепёжными стандартами исключает необходимость доработок, а наличие канавок под стопорные кольца упрощает монтаж.

Однако локальные утолщения в местах крепления подшипника могут провоцировать остаточные напряжения, а переходы между сечениями требуют увеличения радиусов скруглений для снижения концентрации напряжений.

Конструкция детали обладает высокой технологичностью за счет стандартизации элементов, адаптации к серийному оборудованию и минимизации операций.

1.3 Анализ типа производства

Тип производства определяется через анализ объема выпуска и массы детали. Правильная классификация помогает оптимизировать затраты, выбрать технологии и повысить эффективность. «В данном случае масса детали составляет 7,43 кг, годовой объем выпуска 6000 штук тип производства соответствует среднесерийному» [15].

Среднесерийное производство занимает промежуточное положение между мелкосерийным и крупносерийным, сочетая элементы гибкости и стандартизации. Оно ориентировано на выпуск продукции партиями, которые повторяются с определенной периодичностью, что позволяет оптимизировать затраты при сохранении адаптивности к изменениям спроса.

Рассмотри основные особенности среднесерийного производства [15].

Годовой объем составляет от 1000 до 10000 единиц изделий партиями, которые формируются в зависимости от заказов, сезонности или плановых циклов.

Используется универсальное оборудование с числовым программным управлением, допускающее переналадку под разные задачи. Допускается использование полуавтоматических гибких линий. Для снижения времени переналадки применяются быстросменная оснастка и стандартизированные инструменты.

Производство организуется циклами с четким планированием партий. Рабочие процессы частично автоматизированы, но сохраняется необходимость в операторах для контроля качества и настройки оборудования. Используются поточные методы с выделением технологических участков.

Себестоимость ниже, чем в мелкосерийном производстве, за счет эффекта масштаба. Затраты на переналадку умеренные, так как партии достаточно крупные, чтобы распределить издержки. Рентабельность

достигается за счет оптимизации загрузки оборудования и сокращения простоев.

Преимущества среднесерийного производства заключаются: в возможности выпускать разные модификации продукции в рамках одной партии; в соблюдении баланса между автоматизацией и ручным трудом, что позволяет снижать издержки без чрезмерных инвестиций в специализированное оборудование; в стандартизации процессов, что обеспечивает стабильность характеристик изделий.

Недостатки среднесерийного производства: переход между партиями требует времени на перенастройку оборудования; необходимость хранения промежуточных запасов сырья и готовых деталей; при ошибках в прогнозировании спроса возможен перепроизводство.

Современные тенденции среднесерийного производства: внедрение ERP-систем для управления запасами и планирования выпуска; использование гибких линий, которые легко адаптируются под новые задачи; применение бережливых технологий для сокращения потерь.

Среднесерийное производство подходит для предприятий, которые работают с умеренным спросом, но требуют гибкости для адаптации к рыночным изменениям. Оно обеспечивает оптимальное соотношение между затратами, качеством и скоростью реагирования на запросы клиентов.

1.4 Задачи работы

Определим основные задачи выпускной квалификационной работы. Разработать маршрутный технологический процесс изготовления ступицы, включая: формообразование заготовки, механическую обработку, термическую и химико-термическую обработку, методы контроля качества. Выполнить инженерные расчеты для обоснования режимов резания и нормирования. Спроектировать технологическую оснастку и инструмент, для операций требующих технического совершенствования. Проанализировать

экологическую безопасность производства, включая оценку отходов и предложения по утилизации и снижению вредного воздействия. Оценить экономическую эффективность разработанного процесса, включая расчет себестоимости изготовления, сравнение с аналогами по трудоемкости и материалоемкости, определение сроков окупаемости при внедрении.

Поставленные задачи направлены на создание комплексного, экономически целесообразного и экологически безопасного технологического процесса, обеспечивающего выпуск заданного количества ступицы.

Проведенный в данном разделе анализ исходных данных позволил выявить ключевые проблемы, связанные с существующими технологиями изготовления ступиц, включая высокую материалоемкость, недостаточную точность обработки и ограниченную адаптивность к современным требованиям машиностроения. На основе изучения свойств материала, особенностей конструкции детали и условий её эксплуатации сформулированы задачи, направленные на разработку усовершенствованного технологического процесса.

Главной целью определено внедрение ресурсосберегающих методов, интеграция цифрового моделирования для оптимизации операций и снижение доли брака. Поставленные задачи формируют основу для последующего проектирования технологического процесса, включая выбор оборудования, разработку управляющих программ и оценку рентабельности предлагаемых решений.

Результаты анализа подтверждают необходимость модернизации процессов в условиях растущей конкуренции и ужесточения стандартов качества. Реализация поставленных задач позволит создать технологию, адаптированную к требованиям промышленного производства, и обеспечить переход к более гибким и экологически устойчивым технологиям.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Выбор метода получения заготовки для ступицы обосновывается следующими ключевыми особенностями.

При изготовлении заготовки ступицы метод литья в кокиль используется дорогостоящая оснастка, что обусловлено требованиями к качеству, точности и экономической эффективности при серийном производстве. Кокильное литьё обеспечивает высокую повторяемость геометрии заготовки благодаря использованию металлических форм, что важно для детали, работающей в условиях динамических нагрузок. Это снижает объём последующей механической обработки, так как поверхности фланца, посадочных мест под подшипник и крепёжных отверстий формируются с минимальными допусками.

Металлические формы обеспечивают хорошее охлаждение расплава, что способствует формированию однородной микроструктуры чугуна СЧ-18 и повышению его механических свойств. Кроме того, кокиль позволяет достичь гладкой поверхности отливки, сокращая затраты на финишную обработку и уменьшая риск возникновения дефектов (раковин, пор).

Литьё в землю дешевле, но при этом, имеет более низкую точность и стабильность параметров, требуя значительной доработки заготовки.

Таким образом, выбор в пользу одного из методов литья производится экономическим сравнением [21].

«Технологические себестоимости изготовления деталей:

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где $C_{ЗАГ}$ – стоимость получения одного кг заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

$C_{\text{МЕХ}}$ – стоимость снятия одного кг стружки механической обработкой, руб.;

q – масса детали, кг;

$C_{\text{ОТХ}}$ – стоимость одного кг стружки, руб.» [21].

«Расчет стоимости получения одного кг заготовок:

$$C_{\text{ЗАГ } i} = C_{\text{ОТ}} \cdot h_{\text{T}} \cdot h_{\text{С}} \cdot h_{\text{В}} \cdot h_{\text{М}} \cdot h_{\text{П}}, \quad (2)$$

где i – индекс метода получения отливки;

$C_{\text{ОТ}}$ – базовая стоимость получения отливок в зависимости от метода, руб.;

h_{T} – коэффициент точности отливки;

$h_{\text{С}}$ – коэффициент группы сложности отливки;

$h_{\text{В}}$ – коэффициент массы отливки;

$h_{\text{М}}$ – коэффициент марки материала отливки;

$h_{\text{П}}$ – коэффициент программы выпуска» [21].

«Индекс метода получения принимаем 1 для заготовки литьем в землю, 2 для заготовки литьем в кокиль» [21].

$$C_{\text{ЗАГ } 1} = 43,47 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,91 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 27,69 \text{ р.}$$

$$C_{\text{ЗАГ } 2} = 43,47 \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 0,91 \cdot 1,0 \cdot 0,52 = 15,26 \text{ р.}$$

«Расчет массы заготовки:

$$Q_i = q \cdot K_p, \quad (3)$$

где K_p – коэффициент метода получения и формы заготовки» [21].

Производим расчет массы заготовки.

$$Q_1 = 7,43 \cdot 1,5 = 11,15 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 7,43 \cdot 1,4 = 10,32 \text{ кг.}$$

«Стоимость снятия одного кг стружки:

$$C_{\text{МЭХ } i} = C_{\text{с}} + E_{\text{н}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{с}}$ – приведенные затраты, руб.;

$C_{\text{к}}$ – приведенные капитальные вложения, руб.;

$E_{\text{н}}$ – коэффициент эффективности капитальных вложений» [21].

$$C_{\text{МЭХ } 1,2} = 4,95 + 0,1 \cdot 10,85 = 6,04 \text{ р.}$$

«Выполняем расчеты технологических себестоимостей изготовления..

$$C_{\text{Т1}} = 27,69 \cdot 11,15 + 6,04 \cdot (11,15 - 7,43) - 1,4 \cdot (11,15 - 7,43) = 326,01 \text{ р.}$$

$$C_{\text{Т2}} = 15,26 \cdot 10,32 + 6,04 \cdot (10,32 - 7,43) - 1,4 \cdot (10,32 - 7,43) = 170,89 \text{ р.} \text{» [21].}$$

«Метод получения заготовки литьем в кокиль в данных условиях выгоднее» [21].

«Сравнительный экономический эффект от принятия данного метода получения заготовки может быть рассчитан по формуле:

$$\mathcal{E} = (C_{\text{Т1}} - C_{\text{Т2}}) \cdot N, \quad (5)$$

где N – годовая программа выпуска деталей, шт.» [21].

$$\mathcal{E} = (326,01 - 170,89) \cdot 6000 = 930720 \text{ р.}$$

Расчеты показали значительный экономический эффект, что подтверждает правильность принятого решения.

Далее необходимо определить оптимальные маршруты обработки поверхностей детали, что требует комплексного подхода, учитывающего требования к точности, шероховатости и твердости [18]. Особое внимание следует обратить на поверхности с качеством 7 и точнее и шероховатостью от 1,25. Финишная обработка данных поверхностей требует применения прецизионных методов обработки. Результаты разработки маршрутов поверхностей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Поверхность	Точность	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1	12	12,5	точение черновое, точение чистовое, точение тонкое
2	12	12,5	сверление
3	7	12,5	нарезание резьбы
4	12	12,5	сверление
5	12	12,5	точение черновое
6	12	12,5	точение черновое
7	12	12,5	точение черновое
8	8	6,3	точение черновое, точение чистовое, точение тонкое
9	12	2,5	точение черновое, точение чистовое, точение тонкое
10	12	12,5	сверление
11	12	12,5	точение черновое
12	12	12,5	точение черновое
13	9	3,2	сверление, развертывание
14	12	12,5	точение черновое
15	12	12,5	точение чистовое
16	12	12,5	точение черновое, точение чистовое
17	7	1,25	точение черновое, точение чистовое, точение тонкое
18	10	1,6	точение черновое, точение чистовое, точение тонкое
19	12	12,5	точение черновое
24	12	12,5	точение черновое
25	7	1,25	точение черновое, точение чистовое, точение тонкое
26	12	12,5	точение чистовое
27	10	1,6	точение черновое, точение чистовое, точение тонкое

Далее необходимо произвести расчет припусков на обработку.

Расчет припусков на обработку поверхностей ключевой этап проектирования технологического процесса, который определяет количество материала, удаляемого на каждой операции. Для детали из стали припуски зависят от метода получения заготовки, точности обработки и требований к качеству поверхности.

«Ниже приведен расчет припусков на обработку поверхности диаметром $72P7(-0,021_{-0,051})$ мм расчетно-аналитическим методом» [20].

«Минимальный припуск определяется из выражения:

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

где a – глубина дефектного слоя, мм;

Δ – суммарные пространственные отклонения, мм;

ε – погрешность установки заготовки в приспособлении, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [20].

$$\ll z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,3 + \sqrt{1,0^2 + 0,025^2} = 1,3 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,1^2 + 0,025^2} = 0,763 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,04^2 + 0,02^2} = 0,295 \text{ мм} \gg [20].$$

«Максимальный припуск определяется из выражения:

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

где TD_{i-1} – операционный допуск на предыдущем переходе, мм;

TD_i – операционный допуск на текущем переходе, мм» [20].

$$\ll z_{1max} = z_{1min} + 0,5(TD_0 + TD_1) = 1,3 + 0,5 \cdot (2,0 + 0,3) = 2,65 \text{ мм.}$$

$$z_{2max} = z_{2min} + 0,5(TD_1 + TD_2) = 0,763 + 0,5 \cdot (0,3 + 0,12) = \\ = 0,973 \text{ мм}$$

$$z_{3max} = z_{3min} + 0,5(TD_2 + TD_3) = 0,295 + 0,5 \cdot (0,12 + 0,03) = \\ = 0,37 \text{ мм} \gg [20].$$

«Средний припуск определяется из выражения:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{imax} + z_{imin}). \quad (8) \gg [20]$$

$$\ll z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1max} + z_{1min}) = 0,5 \cdot (1,3 + 2,65) = 0,831 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2\max} + z_{2\min}) = 0,5 \cdot (0,763 + 0,973) = 0,868 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3\max} + z_{3\min}) = 0,5 \cdot (0,295 + 0,370) = 0,333 \text{ мм} \gg [20].$$

«Максимальный операционный размер определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i\max} - 2 \cdot z_{i\min}. \quad (9) \gg [20]$$

«Минимальный операционный размер определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\min} = D_{(i-1)\max} - TD_{i-1}. \quad (10) \gg [20]$$

«Средний операционный размер определяется по формуле:

$$D_{i\text{cp}} = 0,5(D_{i\max} + D_{i\min}). \quad (11) \gg [20]$$

«Выполняем расчеты.

$$D_{3\max} = 71,979 \text{ мм.}$$

$$D_{3\min} = 71,949 \text{ мм.}$$

$$D_{3\text{cp}} = 0,5 \cdot (D_{3\max} + D_{3\min}) = 0,5 \cdot (71,979 + 71,949) = 71,964 \text{ мм.}$$

$$D_{2\max} = D_{3\max} - 2 \cdot z_{3\min} = 71,979 - 2 \cdot 0,295 = 71,389 \text{ мм.}$$

$$D_{2\min} = D_{2\max} - TD_2 = 71,389 - 0,120 = 71,269 \text{ мм.}$$

$$D_{2\text{cp}} = 0,5 \cdot (D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5 \cdot (71,389 + 71,269) = 71,329 \text{ мм.}$$

$$D_{1\max} = D_{2\max} - 2 \cdot z_{2\min} = 71,389 - 2 \cdot 0,763 = 69,863 \text{ мм.}$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - TD_1 = 69,863 - 0,3 = 69,563 \text{ мм.}$$

$$D_{1\text{cp}} = 0,5(D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5(69,863 + 69,564) = 69,714 \text{ мм.}$$

$$D_{0\max} = D_{1\max} - 2 \cdot z_{1\min} = 69,863 - 2 \cdot 1,3 = 67,263 \text{ мм.}$$

$$D_{0\min} = D_{0\max} - TD_0 = 67,263 - 2,0 = 65,263 \text{ мм.}$$

$$D_{0\text{cp}} = 0,5(D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5(67,263 + 65,263) = 66,263 \text{ мм} \gg [20].$$

«Общие припуски на обработку минимальный, максимальный и средний рассчитываются по формулам:

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

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

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (14) \gg [20]$$

«Выполняем расчеты.

$$2z_{min} = 71,979 - 65,263 = 6,716 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 6,716 + 2,0 + 0,03 = 8,746 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (6,716 + 8,764) = 7,74 \text{ мм} \gg [20].$$

«Операционные припуски на обработку других поверхностей определяются табличным методом определения припусков на обработку» [10]. Это практичный подход, основанный на использовании нормативных данных, где припуски указаны в зависимости от типа заготовки, её размеров и требуемой точности обработки. Этот метод широко применяется в машиностроении для быстрого расчета без сложных вычислений. «Результаты определения припусков приведены в таблице 2» [10].

Таблица 2 – Результаты определения припусков

Поверхность	Переход	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм	Средний припуск, мм
1	1	2,5	3,5	3,0
	2	1,0	1,28	1,14
	3	0,5	0,68	0,59
5	1	1,15	2,125	1,638
6	1	1,25	2,25	1,75
7	1	2,5	3,45	2,975
8	1	0,3	0,58	0,44
	2	0,2	0,36	0,28
9	1	2,0	2,95	2,475
	2	1,0	1,21	1,105
	3	0,5	0,62	0,56
11	1	1,4	2,63	2,015
12	1	2,5	3,275	2,888

Продолжение таблицы 2

Поверхность	Переход	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм	Средний припуск, мм
13	1	0,25	0,307	0,278
14	1	1,125	2,1	1,613
16	1	2,0	3,0	2,5
	2	1,0	1,28	1,14
17	1	0,9	1,85	1,375
	2	0,7	0,805	0,753
	3	0,2	0,275	0,238
18	1	2,0	2,75	2,375
	2	1,0	1,21	1,105
	3	0,5	0,62	0,56
19	1	0,9	1,65	1,275
24	1	0,9	1,65	1,275
27	1	2,0	2,775	2,388
	2	1,0	1,245	1,123
	3	0,5	0,64	0,57

Ключевые принципы проектирования штампованной заготовки включают минимизацию припусков для снижения расхода материала, обеспечение технологичности формы заготовки и учет деформаций при термообработке.

С целью снижения расхода материала необходимо провести определение технологических напусков элементов заготовки. «Для этого определяем параметры заготовки: 10 степень точности поверхности, 7 класс точности массы, 8 класс размерной точности, 5 ряд припусков. В результате получаем следующие величины напусков: сдвиг не более 1,0 мм, эксцентricность отверстий не более 1,0 мм; радиусы скруглений 4 мм» [6].

«Результаты моделирования заготовки приведены в графической части работы» [16].

2.2 Разработка плана изготовления детали

Проектирование плана изготовления детали для среднесерийного типа основано на использовании стандартных маршрутов обработки,

представленных в литературных источниках [22], [23]. Методология формирования маршрута предполагает объединение в рамках одной операции методов обработки поверхностей, имеющих схожие целевые параметры качества, такие как точность и шероховатость. «Спроектированный технологический маршрут приведен в таблице 3» [16].

Таблица 3 – Технологический маршрут

Операции	Поверхности	Метод обработки
005 Токарная	1, 5, 6, 7, 8, 9, 24, 25, 27	точение
010 Токарная	12, 14, 16, 17, 18, 19	точение
015 Токарная	1, 8, 9, 25, 26, 27	точение
020 Токарная	15, 16, 17, 18	точение
025 Сверлильная	2, 3, 4, 10, 13	сверление, развертывание
030 Токарная	8, 9, 25, 27	точение
035 Токарная	17, 18	точение
040 Моечная	все	мойка, обдувка сжатым воздухом и сушка
045 Контрольная	все	комплексный контроль

«Формирование плана изготовления осуществляется на основании приведенного технологического маршрута» [19]. Данный план включает следующие основные элементы. «Визуализацию последовательности операций» [19]. «Номенклатуру задействованного оборудования с указанием его технических характеристик» [19]. «Операционные эскизы, отражающие: обрабатываемые поверхности; базирование заготовки [19]; операционные допуски и размеры, а также технические требования» [19].

Применение научно обоснованных схем базирования позволяет минимизировать погрешности установки заготовки, что способствует сокращению операционных припусков, уменьшению числа технологических переходов, повышению точности обработки при соблюдении экономической эффективности.

План изготовления, включающий графические материалы и технологическую документацию, приведен в графических материалах, а также в приложении А «Технологическая документация».

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

«Основными компонентами средств технологического оснащения являются» [16]:

- «производственное оборудование, выбор которого зависит от требуемой точности обработки» [16];
- металлорежущий инструмент, подбор которого определяется материалом заготовки и режимами резания;
- станочные приспособления, обеспечивающие требуемое базирование и быструю переналадку в условиях гибкого производства;
- средства измерительного контроля, выбор которых зависит допусков размеров и типа поверхности.

Оптимизация выбора оснащения требует анализа взаимосвязи факторов технологической гибкости, экономической целесообразности, энергоэффективности.

Таким образом, системный подход к выбору оснащения, учитывающий технико-экономические параметры, позволяет минимизировать операционные издержки и обеспечить соответствие качества продукции установленным стандартам.

Выбора металлорежущего оборудования включает: анализ задач и условий производства; подбор типа станка по операциям и точности; оценку экономической целесообразности; верификацию на соответствие требованиям. Для среднесерийного производства оптимальны станки с числовым программным управлением, сочетающие гибкость и точность. Конкретные модели оборудования определяются по данным [11].

Выбора металлорежущего инструмента включает: анализ материала заготовки и условий обработки; подбор материала и покрытия инструмента; расчет геометрии и режимов резания; оценку экономической целесообразности. В среднесерийном производстве оптимальны

твердосплавные инструменты с износостойкими покрытиями, обеспечивающие баланс между стойкостью и себестоимостью. Наименования и типоразмеры определяются по данным [7], [9], [12].

Выбор станочных приспособлений включает: анализ заготовки и операций; определение функций приспособления (фиксация, базирование); выбор типа устройства по таблицам и стандартам; определение усилий, точности и совместимости; экономическую оценку. Для среднесерийного производства предпочтительно применение универсальных модульных систем. Наименования приспособлений определяются по данным [14].

«Выбор средств контроля включает: анализ требований к точности и производственным условиям; подбор методов и инструментов; определение допустимых погрешностей и соответствие стандартам; экономическую оценку» [16]. Наименования измерительных средств определяются по данным [3].

«Результаты выбора приведены в таблице 4» [16].

Таблица 4 – Средства технологического оснащения

Операция	Станки	Приспособления станочные	Режущие инструменты	Контрольные средства
005	токарный HAAS GT10	резец контурный специальный CNMG 16 06 12-KR «Sandvik», резец расточной TNMX 16 04 08-WMX «Sandvik»	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ 10-88	патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80
010	токарный HAAS GT10	резец контурный специальный CNMG 16 06 12-KR «Sandvik» резец расточной TNMX 16 04 08-WMX «Sandvik»	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ 10-88	патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80
015	токарный HAAS GT10	резец токарный TNMG 16 04 04-KF "Sandvik", резец токарный расточной TNMX 16 04 08-WF "Sandvik", резец канавочный расточной N123G2-0300-0002-СМ «Sandvik»	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ 10-88	оправка кулачковая

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Приспособления	Режущий инструмент	Средства контроля
020	токарный HAAS GT10	резец токарный контурный TNMG 16 04 04-KF «Sandvik», резец токарный расточной TNMX 16 04 08-WF «Sandvik», резец канавочный расточной N123G2-0300-0002-CM «Sandvik»	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, нутромер НМ- 100 ГОСТ 10-88	оправка кулачковая
025	обрабатывающ ий центр HAAS VF 1	сверло спиральное R841- 1750-30-A1A «Sandvik», сверло спиральное R841, развертка 830B- E06D1000H7S12 «Sandvik», фреза резьбовая R217.14C045100AC13N «Sandvik»	калибр, нутромер НМ- 50 ГОСТ 10-88	оправка цанговая
030	токарный HAAS GT10	резец токарный контурный специальный BK6, резец токарный расточной специальный BK6	скоба рычажная СР ГОСТ 11098- 75, нутромер НМ-100 ГОСТ 10-88	оправка с гофрирован ной втулкой
035	токарный HAAS GT10	резец токарный контурный специальный BK6, резец токарный расточной специальный BK6	скоба рычажная СР ГОСТ 11098- 75, нутромер НМ-100	оправка с гофрирован ной втулкой
040	моечная машина	—	—	—
045	стол контрольный	—	—	—

Выбранные средства технологического оснащения фиксируются в соответствующих разделах технологической документации. «Данная документация представлена в приложении А «Технологическая документация»» [16].

«Результаты выбора средств оснащения интегрируются в проектирование технологических операций» [16] через оптимизацию переходов путем исключения избыточных установок за счет универсальных

приспособлений и синхронизацию параметров за счет согласование точности станка с допусками детали.

Учет оснащения на ранних этапах проектирования позволяет минимизировать технологические риски, такие как несоответствие мощности оборудования или возникновение погрешности базирования.

2.4 Проектирование операций технологического процесса

Разработка технологических операций осуществляется посредством формирования следующих видов документации. Маршрутная карта, в которой регламентирует последовательность операций, используемое оборудование и оснастку. Операционные карты, в которых детализируют технологические переходы, режимы резания, а также нормы времени на каждом этапе. Технологические наладки, которые включают схемы установки инструмента, параметры настройки станков и контрольные точки.

«Основой проектирования документации является определение оптимальных режимов резания и нормирование операций» [16]. «Режимы резания определим по методике» [17], так как при выборе металлорежущего инструмента было отдано предпочтение инструменту данной фирмы. Нормирование проведем по методике [12].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (15)$$

где l_1 – длина врезания, мм;

$l_{\text{рез}}$ – длина резания, мм;

l_2 – длина перебега, мм» [17].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S \cdot n}, \quad (16)$$

где S – подача, мм/об» [17].

«Штучное время определяется по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_b + T_{обс} + T_{п} \quad (17)$$

где T_o – основное время выполнения операции, мин;

T_b – вспомогательное время выполнения операции, мин;

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

$T_{п}$ – время на личные потребности, мин» [17].

«Результаты расчетов для всех операций технологического процесса приведены в таблице 5.5» [17].

Таблица 5 – Режимы резания и нормирование

Номер операции	Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота, об/мин	Основное время, мин	Штучное время, мин
005	1	0,55	305	450	0,7	1,1
	2	0,45	360	1600		
010	1	0,55	305	450	0,54	0,85
	2	0,45	360	1450		
015	1	0,30	250	360	0,82	1,31
	2	0,15	300	1300		
	3	0,12	150	650		
020	1	0,30	250	800	0,5	0,81
	2	0,15	300	1200		
	3	0,12	150	580		
025	1	0,5	150	2700	0,21	0,3
	2	0,2	100	6300		
	3	1,2	150	2600		
	4	1,0	80	5600		
030	1	0,12	530	780	0,67	0,94
	2	0,1	450	1900		
035	1	0,1	450	1800	0,38	0,69

Полученные в ходе проектирования данные систематизируются в

технологической документации, которая служит основой для интеграции в цифровые системы автоматизации технологической подготовки производства и позволяет передавать данные в цех через MES-систему, что позволяет автоматически настраивать станки с числовым управлением и сокращать влияние человеческого фактора.

Дальнейший анализ режимов резания поможет оптимизировать производственные процессы и добиться повышения качества обработки. Оптимальные параметры резания, обеспечивают максимальную эффективность и минимизацию времени обработки, снижают износ инструмента, позволяют улучшить качество поверхности, способствуют снижению себестоимости.

В данном разделе выполнено проектирование технологии изготовления ступицы базирующееся на интеграции передовых методов литья и механической обработки, адаптированных к свойствам чугуна СЧ-18 и требованиям производства. Выбор кокильного литья в качестве базового метода формирования заготовки обеспечил высокую точность геометрии, однородность структуры материала и снижение объёмов последующей обработки. Это позволило минимизировать ресурсозатраты без ущерба для эксплуатационной надёжности детали. Оптимизация механической обработки направлена на достижение заданных параметров точности и шероховатости поверхностей. Технология учитывает особенности работы ступицы в условиях динамических нагрузок, предусматривая контроль качества на каждом этапе производства. Внедрение цифровых инструментов проектирования обеспечило не только сокращение времени на переналадку оборудования, но и прогнозирование потенциальных дефектов, что снизило долю брака.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка оправки

Проектирование оправки с гофрированной втулкой для токарной чистовой операции, приведенной на рисунке 2, при изготовлении ступицы обусловлено необходимостью обеспечения высокой точности обработки и минимизации деформации заготовки.

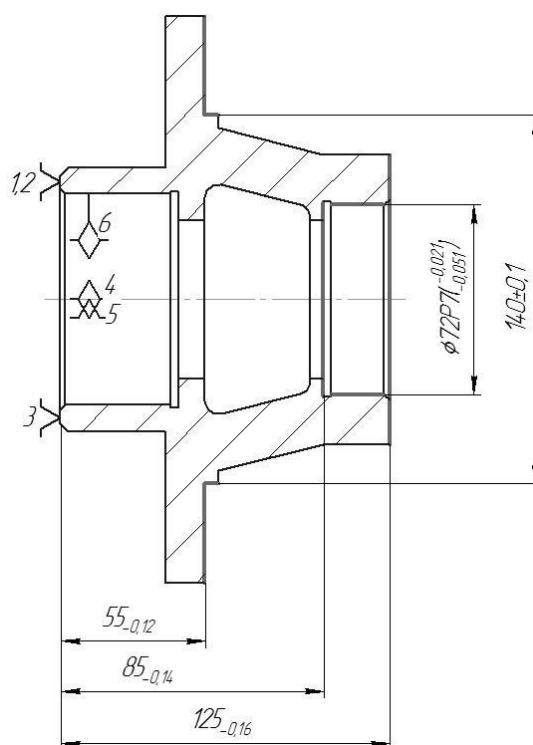


Рисунок 2 – Эскиз токарной чистовой операции

В процессе чистовой обработки необходимо исключить смещение детали под воздействием сил резания, что особенно актуально для тонкостенных элементов, склонных к упругой деформации. Гофрированная втулка, благодаря своей структуре, равномерно распределяет радиальную нагрузку по поверхности ступицы, снижая локальные напряжения и предотвращая образование вмятин или перекосов. Это способствует

сохранению геометрической целостности детали и соблюдению строгих допусков. Кроме того, гибкость конструкции втулки компенсирует возможные микропогрешности формы заготовки, вызванные предыдущими этапами обработки или термическими воздействиями, что повышает стабильность технологического процесса. Использование такой оснастки также снижает вибрации, улучшая качество поверхности и сокращая риск появления дефектов, что в итоге повышает ресурс готовой ступицы и соответствие требованиям эксплуатации.

«Основные параметры втулки приведены на рисунке 3» [2].

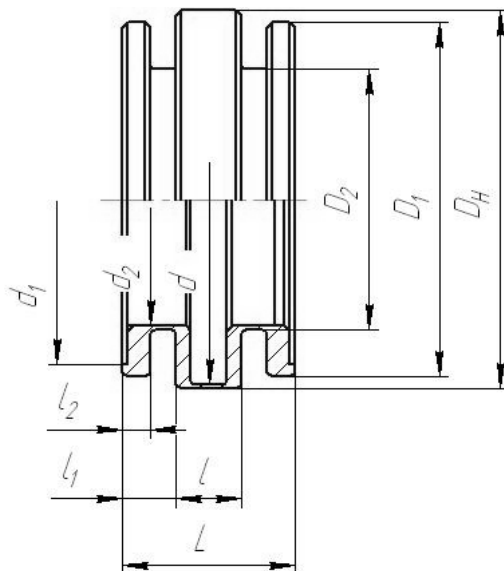


Рисунок 3 – Геометрические параметры втулки

«В соответствии с рекомендациями втулка должна иметь следующие геометрические параметры: $D_1 = 56,5h9$ мм, $D_2 = 37,7h6$ мм, $d_1 = 51,5H9$ мм, $d_2 = 36H4$ мм, $L = 34$ мм, $l_1 = 10,5$ мм, $l_2 = 5,5$ мм, $l_3 = 6$ мм» [2].

«Наружный диаметр, контактирующий с заготовкой:

$$D_H = d_3 - \Delta_{\text{gap}}, \quad (18)$$

где d_3 – диаметр заготовки, мм;

$\Delta_{\text{гар}}$ – гарантированный зазор, мм» [2].

$$D_H = 80 - 0,030 = 79,97 \text{ мм.}$$

«Диаметр выточки:

$$d = D_H - 2 \cdot h, \quad (19)$$

где h – высота смятия, мм» [2].

$$d = 79,97 - 2 \cdot 1,1 = 77,77 \text{ мм.}$$

«Изменение наружного диаметра при деформации:

$$\Delta D_H = \delta D_H + \delta d_3 + \Delta_{\text{гар}}, \quad (20)$$

где δD_H – допуск на наружный диаметр втулки, мм;

δd_3 – допуск на диаметр заготовки, мм;

$\Delta_{\text{гар}}$ – гарантированный зазор, мм» [2].

$$\Delta D_H = 0,005 + 0,039 + 0,030 = 0,074 \text{ мм.}$$

«Усилие, которое необходимо для сжатия втулки:

$$P_3 = \frac{D_H}{x}, \quad (21)$$

где x – расчетный коэффициент» [2].

$$P_3 = \frac{74,97}{0,0072} = 10413 \text{ Н.}$$

«Максимальный крутящий момент, передаваемый оправкой:

$$M_{\text{кр.мах}} = 1,5 \cdot \pi \cdot d_3^2 \cdot P_3 \cdot n \cdot 10^{-4}, \quad (22)$$

где n – число втулок» [2].

$$M_{\text{кр.мах}} = 1,5 \cdot \pi \cdot 80^2 \cdot 10413 \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 31389 \text{ Н·мм.}$$

«Условие работоспособности оправки:

$$M_{кр.мах} \geq K \cdot M_{кр}, \quad (23)$$

где K – коэффициент запаса,

$M_{кр}$ – момент, возникающий в процессе обработки, Н·мм» [2].

$$K \cdot M_{кр} = 2,5 \cdot 3500 = 8750 \text{ Н·мм.}$$

Условие выполнено.

«Создание расчетного усилия зажима обеспечивается поршнем, диаметр которого определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (24)$$

где P – давление в пневматической системе, МПа» [2].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 10419}{0,4} + 40^2} = 118 \text{ мм.}$$

«Точность приспособления определяется по расчетной схеме, представленной на рисунке 4» [17].

«Из схемы определяем:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (25)$$

где Δ_1 – погрешность, возникающая вследствие неточности изготовления втулки, мм;

Δ_2 – погрешности из-за колебания зазора в сопряжении, мм;

Δ_3 – погрешность из-за неточности изготовления посадочного отверстия, мм» [2].

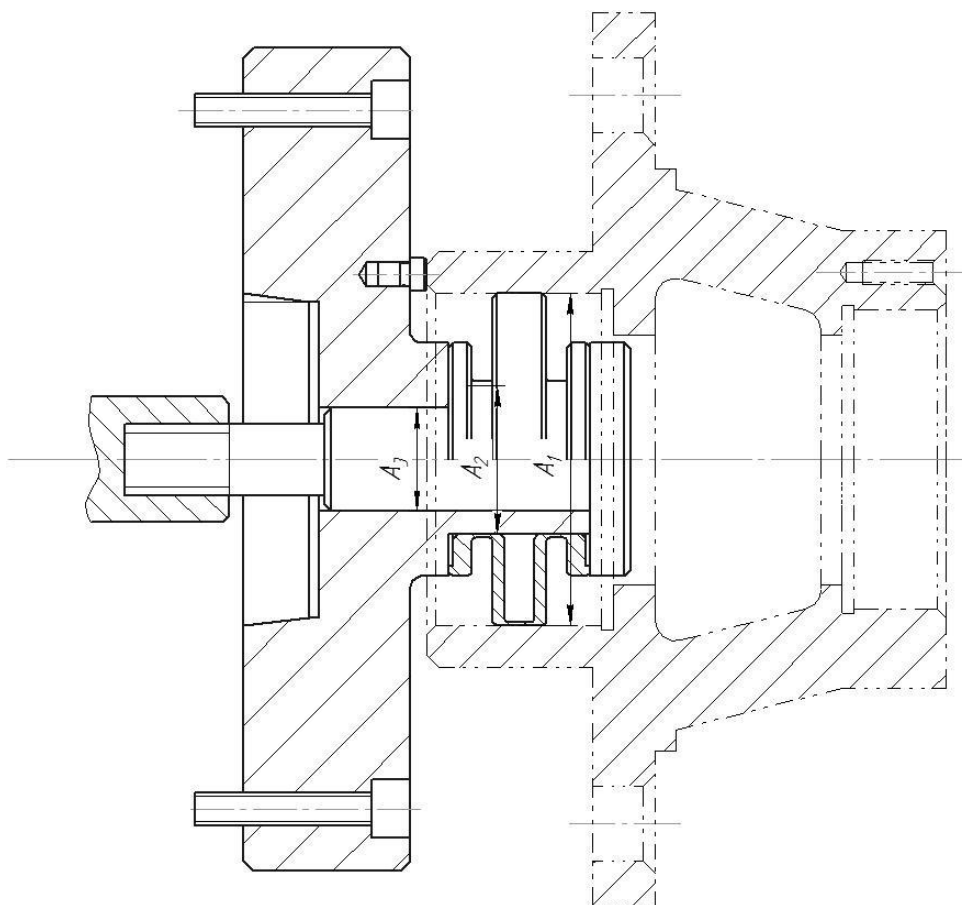


Рисунок 4 – Расчетная размерная схема приспособления

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,012^2 + 0,014^2 + 0,010^2} = 0,008 \text{ мм.}$$

Оправка с гофрированной втулкой и механизированным приводом закрепления предназначена для фиксации ступицы при чистовой токарной обработке, обеспечивая высокую точность и стабильность позиционирования. Основу конструкции составляет полый корпус, интегрируемый в шпиндель станка, внутри которого расположена гибкая гофрированная втулка с волнообразным профилем. Втулка соединена с механизированным пневматическим приводом, который преобразует поступательное усилие в радиальное расширение.

При активации привода шток перемещается вдоль оси, воздействуя на внутреннюю поверхность гофрированной втулки. Это вызывает её равномерное расширение за счёт деформации, что обеспечивает плотный

контакт с внутренней поверхностью ступицы. Гофры втулки распределяют усилие зажима по окружности, исключая концентрацию напряжений и деформацию тонкостенных участков. Одновременно сохраняется соосность детали и инструмента, важная для соблюдения геометрических допусков.

Во время обработки гофрированная структура демпфирует вибрации, а жёсткость корпуса оправки гасит крутильные нагрузки. После завершения операции привод возвращает шток в исходное положение, сбрасывая давление на втулку. Она сокращается, освобождая ступицу без риска повреждения поверхности. Такое устройство сочетает точность механизированного управления с адаптивностью упругого элемента, минимизируя человеческий фактор и повышая повторяемость результата.

Конструкция втулки приведена в графической части работы. Подробная спецификация компонентов представлена в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам».

3.2 Разработка токарного резца

Проектирование резца с усовершенствованной системой крепления режущей пластины для тонкого точения ступицы продиктовано требованиями к повышению стабильности процесса обработки и минимизации погрешностей, возникающих из-за динамических нагрузок и тепловых деформаций. В условиях чистовой операции даже незначительные смещения пластины под воздействием вибраций или неравномерного нагрева приводят к отклонениям в геометрии детали, нарушению шероховатости поверхности и снижению ресурса инструмента. Усиленная система крепления обеспечивает жесткую фиксацию пластины, исключая её микроподвижности, что критически важно для сохранения заданной геометрии и предотвращения образования волн или задиров на поверхности ступицы.

«Резец проектируем по рекомендациям» [1].

«Определим площадь срезаемого слоя по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (26)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [1].

$$F = 0,5 \cdot 0,12 = 0,06 \text{ мм}^2.$$

«Исходя из полученного значения, сечение державки резца должно быть: высота 25 мм, ширина 20 мм» [1].

«Диаметр болта, в системе крепления рассчитываемый по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (27)$$

где Q_1 – сила, действующая на болт, Н;

σ_d – допустимое напряжение, МПа» [1].

«Сила, действующая на болт:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (28)$$

где P_{Zmax} – максимальное значение силы резания, Н» [1].

Выполним расчеты.

$$Q_1 = \frac{720}{0,7} = 1030 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1030}{\pi \cdot 650}} = 1,6 \text{ мм.}$$

Система крепления режущей пластины реализована через взаимодействие двух взаимно перпендикулярных элементов, интегрированных в державку. Горизонтальный компонент содержит наклонный направляющий канал, в который входит вертикальный элемент со

скошенной контактной поверхностью. При фиксации крепежным элементом вертикальный компонент смещается вдоль углового паза, создавая усилие, передаваемое на горизонтальный элемент. Это приводит к равномерному поджатию пластины к опорным поверхностям державки, формируя жёсткое и стабильное соединение. Такая конструкция преобразует осевое усилие затяжки в радиальное прижимное действие, исключая люфты и обеспечивая устойчивость режущей кромки к динамическим нагрузкам в процессе обработки.

Кроме того, оптимизированный механизм крепления снижает локальные напряжения в зоне контакта, равномерно распределяя усилие зажима, что предотвращает преждевременное разрушение керамических или твердосплавных пластин. Это особенно актуально при работе с высокооборотными режимами, где инерционные силы усиливают риск смещения режущей кромки.

Конструкция спроектированного резца приведена в графической части работы, а его описание в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам».

Выполненное в данном разделе проектирование оправки с гофрированной втулкой и резца с усовершенствованной системой крепления режущей пластины представляет собой комплексное решение, направленное на повышение точности, стабильности и эффективности токарной чистовой обработки ступицы. Гофрированная втулка с механизированным приводом обеспечивает равномерное радиальное закрепление заготовки, минимизируя деформации и вибрации, что особенно критично для тонкостенных конструкций. Одновременно инновационная система крепления резца гарантирует жёсткую фиксацию режущей пластины, исключая её смещение под нагрузкой и сохраняя целостность геометрии обрабатываемой поверхности. Внедрение данных решений не только оптимизирует технологический процесс, но и расширяет ресурс инструмента, обеспечивая соответствие требованиям современных высокоточных производств.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Приведем характеристику технологического процесса изготовления ступицы.

Технологический процесс включает две ключевые операции: токарную и сверлильную. Большинство этапов являются типовыми, поэтому акцент сделан на изменяемые операции.

Токарная операция:

- исполнитель оператор станков с числовым управлением;
- оборудование токарно-винторезный станок HAAS GT10;
- оснастка оправка кулачковая;
- инструмент резцы (подрезной, канавочный, резьбовой).

Сверлильная операция

- исполнитель оператор станков с числовым управлением;
- оборудование обрабатывающий центр HAAS VF 1;
- оснастка оправка цанговая;
- инструмент сверло спиральное, развертка, фреза резьбовая.

Материалы и вещества, используемые в техпроцессе: чугун СЧ-18 ГОСТ 1412-85; смазочно-охлаждающая жидкость синтетического типа; обтирочная ветошь.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков для оператора станков с с числовым управлением связаны с воздействием механических, химических и физических факторов [4].

Оценим риски для оператора станков с числовым управлением.

Источником рисков являются токарно-винторезный станок SAMAT 400 XC, резцы (подрезной, канавочный, резьбовой). Основные риски:

- попадание рук, одежды или волос в зону вращения шпинделя или режущего инструмента;
- разлет металлической стружки (риск повреждения глаз, кожи);
- шум и вибрация от работы станка (риск снижения слуха, усталости);
- контакт с синтетической смазочно-охлаждающей жидкостью (раздражение кожи, аллергические реакции);
- короткое замыкание, неисправность электрооборудования (риск поражения током).

Проведенная оценка показывает, что преобладающими являются риски физической группы.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Для минимизации рисков, применяется комплексный подход, включающий технические, организационные и индивидуальные меры защиты» [4]. Технические методы и средства приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические методы и средства снижения рисков

Метод или средство	Для оператора станков с числовым управлением	Для зуборезчика
защитные экраны и кожухи	прозрачные экраны, автоматические блокировки при открытии кожуха	–
системы вентиляции	вытяжки для удаления паров смазочно-охлаждающая жидкость	локальные вытяжки для удаления металлической пыли
модернизация оборудования	станки с числовым управлением, оснащенные датчиками аварийной остановки; роботизированная подача заготовок	–
контроль пневматики	–	регуляторы давления, датчики утечек, предохранительные клапаны в пневмосистемах
искрогасители	–	устройства для подавления искр при обработке

Организационные методы приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Организационные методы

Метод или средство	Для оператора станков с числовым управлением	Для зуборезчика
обучение и инструктаж	тренинги по работе с смазочно-охлаждающая жидкость, действиям при авариях	обучение безопасной замене фрез, работе с пневмосистемами
регламенты	инструкции по утилизации ветоши, замене инструмента	график профилактики станка, контроль износа фрез
система LOTO	блокировка станка при обслуживании	блокировка пневмопатрона и станка
медосмотры	контроль состояния кожи, слуха	контроль органов дыхания, слуха

Средства индивидуальной защиты приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Средства индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты	Для оператора станков с числовым управлением	Для зуборезчика
защитные очки/маски	противоударные очки	щитки от осколков
перчатки	антивибрационные перчатки.	–
наушники/беруши	шумоподавление от 25 дБ	шумоподавление от 25 дБ
спецодежда	влагонепроницаемая одежда	–
респираторы	–	респираторы для фильтрации пыли
обувь	–	антискользящая подошва

Реализация перечисленных мер позволяет минимизировать профессиональные риски, обеспечить безопасность персонала, повышая общую эффективность производства.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Специфика рассматриваемого участка механической обработки заключается в том, что наиболее вероятны пожары класса В (возгорание СОЖ, масел) и класса Е (короткое замыкание в станках). Каждый пожар

сопровождается комплексом угроз для жизни, здоровья и имущества приведенным в таблице 9.

Таблица 9 – Опасные факторы пожара

Фактор	Описание	Последствия
открытое пламя	непосредственный контакт с огнем	ожоги, возгорание одежды, разрушение конструкций
высокая температура	тепловое излучение и горячий воздух	тепловой удар, обезвоживание, повреждение дыхательных путей
токсичный дым	продукты горения	отравление, удушье, потеря сознания, долгосрочные заболевания
снижение уровня кислорода	кислород вытесняется дымом и расходуется на горение	гипоксия, головокружение, остановка сердца
обрушение конструкций	ослабление несущих элементов здания из-за огня	травмы от падающих объектов, блокировка путей эвакуации.
взрывы	воспламенение газов, пыли или паров	травмы от ударной волны, осколков, вторичные очаги пожара
паника	dezориентация из-за задымления, шума, стресса	неадекватные действия, давка, гибель при эвакуации

Пожарная безопасность на участке механической обработки вала-шестерни обеспечивается комплексом организационных, технических и профилактических мер, направленных на предотвращение возгораний, минимизацию их последствий и защиту персонала. Профилактические меры по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Профилактические меры

Мера	Описание / Реализация
контроль горючих материалов	промасленная ветошь, стружка хранятся в металлических герметичных контейнерах; использование биоразлагаемых СОЖ вместо синтетических; регулярная уборка стружки и масляных отложений
искробезопасность	установка искрогасителей на зубофрезерных станках; запрет сварочных работ без защитных экранов.
электробезопасность	проверка изоляции проводки и заземления; использование оборудования с автоматическими выключателями

Технические средства пожаротушения приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические средства пожаротушения

Средство	Характеристики / Размещение
огнетушители	порошковые (ОП-5), углекислотные (ОУ-3) не менее 1 шт. на 50 м ²
пожарные щиты	комплектация: песок, лопаты, асбестовые полотна (кошма)
автоматические системы	датчики дыма и тепловые извещатели локальные модули порошкового пожаротушения

«Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 12» [4].

Таблица 12 – Технические средства пожаротушения

Мероприятие	Реализация
обучение персонала	инструктажи каждые 3 месяца; тренировки по эвакуации и тушению ежегодно
документация	план эвакуации с маршрутами; журналы проверок огнетушителей и систем сигнализации
система LOTO	блокировка электрооборудования при обслуживании

Реализация перечисленных мер позволяет снизить риск возгораний из-за искр, перегрева оборудования или неисправной проводки, обеспечить оперативное тушение пожара на ранней стадии, сохранить жизни сотрудников и минимизировать ущерб оборудованию, соответствовать требованиям надзорных органов.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Экологическая безопасность технологического процесса направлена на минимизацию негативного воздействия производства на окружающую среду» [4]. Это достигается за счет снижения выбросов, рационального использования ресурсов и утилизации отходов.

Основные источники экологических рисков приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Основные источники экологических рисков

Источник воздействия	Потенциальные последствия
смазочно-охлаждающие жидкости	загрязнение воды и почвы токсичными компонентами
металлическая стружка и пыль	накопление отходов, загрязнение почвы, риск воспламенения
энергопотребление станков	выбросы CO ₂ из-за высокого расхода электроэнергии
шум и вибрация	шумовое загрязнение, воздействие на экосистемы
химические реагенты	попадание в сточные воды, нарушение биохимического баланса водоемов

Меры по снижению экологического воздействия приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Меры по снижению экологического воздействия

Мера	Реализация
использование биоразлагаемых СОЖ	замена синтетических жидкостей на экологически безопасные аналоги
рециркуляция СОЖ	внедрение систем замкнутого цикла для очистки и повторного использования СОЖ
переработка металлических отходов	прессование стружки в брикеты и сдача на вторичную переработку
энергоэффективность	использование станков класса А+ и рекуперацией энергии
очистка выбросов	установка фильтров на вентиляционных системах для улавливания металлической пыли
утилизация отходов	сотрудничество с лицензированными компаниями для утилизации опасных отходов

В результате удалось добиться снижения токсичной нагрузки на почву и воду, экономии ресурсов за счет рециркуляции смазочно-охлаждающей жидкости и переработки металлов, сокращения углеродного следа благодаря энергоэффективному оборудованию, соответствия требованиям экологических стандартов.

По результатам выполнения данного раздела можно сделать следующие выводы. Организация безопасного и экологичного технологического процесса изготовления ступицы требует интеграции технических, организационных и профилактических мер, направленных на минимизацию рисков для персонала и окружающей среды. Применение современных станков с числовым программным управлением, оснащенных

защитными кожухами, блокировками доступа и системами аварийной остановки, снижает вероятность травматизма при контакте с движущимися частями. Автоматизация операций, включая использование механизированных оправок и адаптивных зажимов, сокращает участие работника в опасных этапах обработки, уменьшая влияние человеческого фактора.

Экологичность процесса достигается за счет внедрения систем фильтрации воздуха, улавливающих аэрозоли и металлическую пыль, а также рециркуляции смазочно-охлаждающих жидкостей с применением биоразлагаемых составов. Оптимизация режимов резания снижает энергопотребление и тепловыделение, что уменьшает углеродный след производства. Сегрегация отходов и их дальнейшая переработка позволяют исключить загрязнение почвы и водоемов.

Обучение персонала правилам эксплуатации оборудования, использованию средств индивидуальной защиты и алгоритмам действий при чрезвычайных ситуациях формирует культуру безопасности. Регулярные аудиты и модернизация оборудования в соответствии с экологическими стандартами (ISO 14001, ГОСТ Р ИСО 14001) обеспечивают долгосрочную устойчивость процесса. Таким образом, комплексный подход к безопасности и экологичности не только защищает здоровье сотрудников и экосистемы, но и повышает конкурентоспособность производства за счет снижения штрафных рисков и роста репутации предприятия.

5 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – «рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического проекта. Произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта и определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений» [13].

Решение поставленной задачи основано на данных предыдущих разделов. Обобщенная схема процесса производства приведена на рисунке 5.

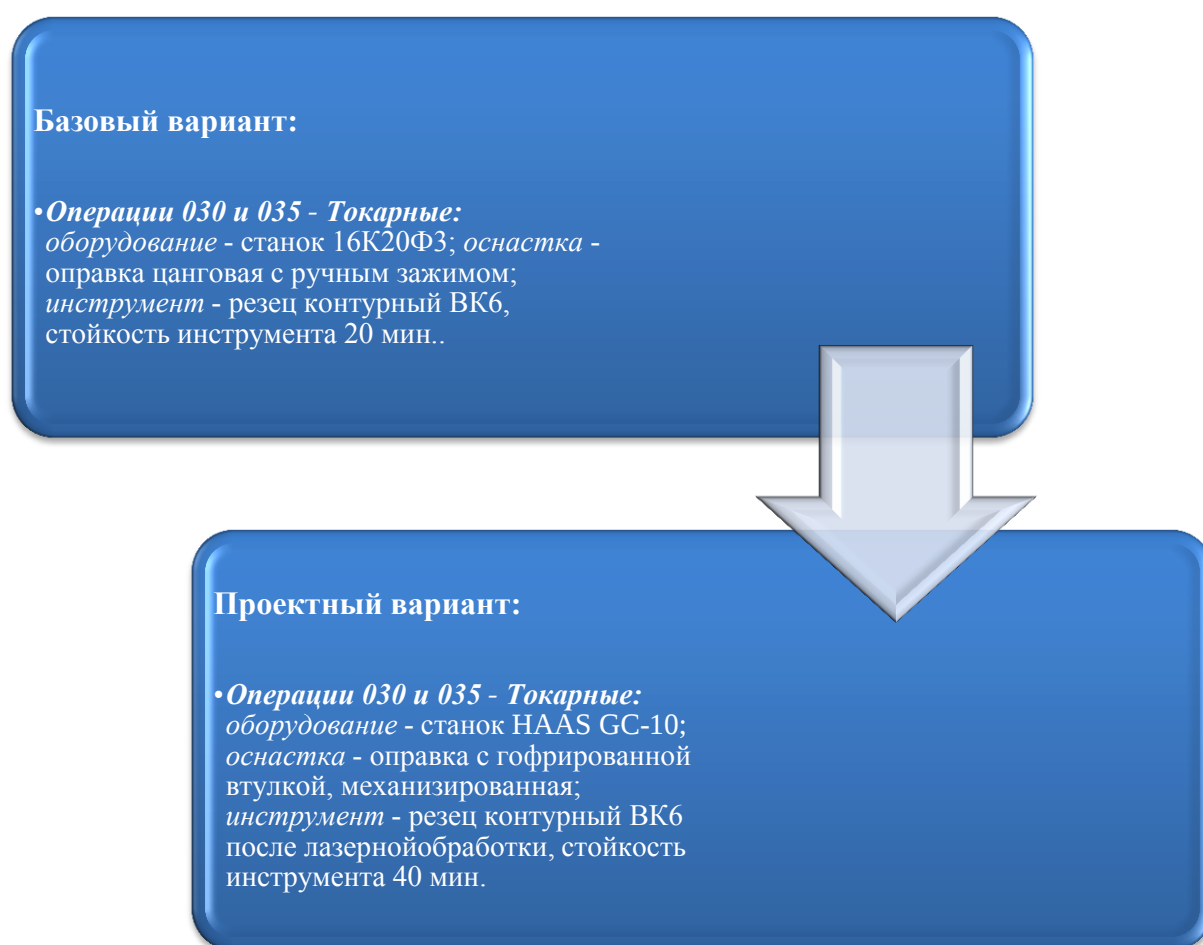


Рисунок 5 – Обобщенная схема процесса производства

Обобщенная схема содержит операции, наиболее значимые с точки зрения формирования затрат. Количественная оценка этих операций стартует с расчета технологической себестоимости по установленной методике [13].

Величина технологической себестоимости и показатели, ее определяющие, представлены на рисунке 6.

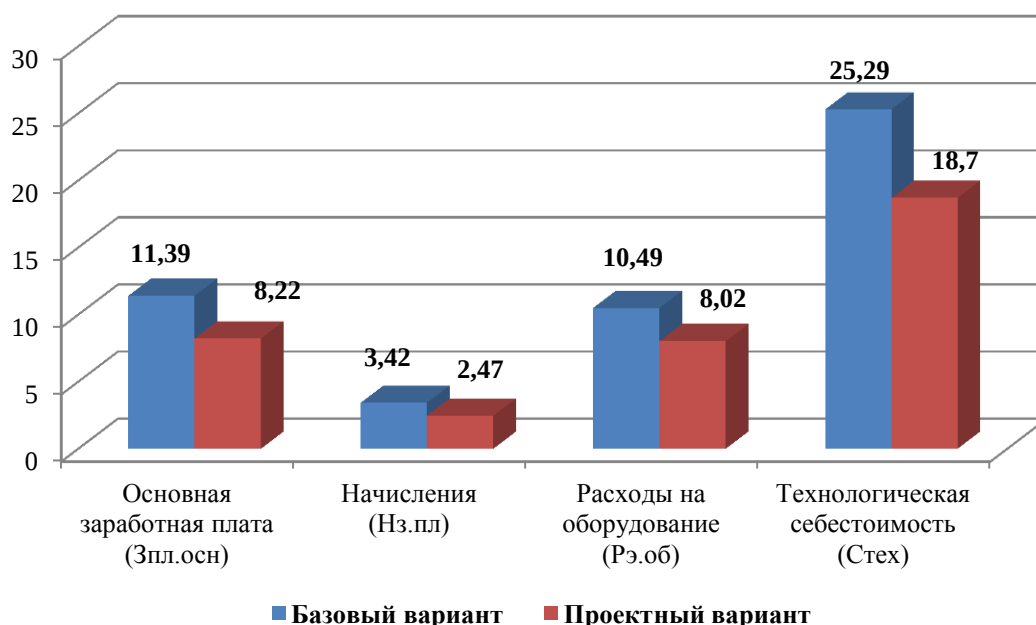


Рисунок 6 – Величина технологической себестоимости, а также, показатели из которых она формируется, руб.

Из рисунка 6 наглядно просматривается зависимость величины технологической себестоимости от основной заработной платы, которые составляют около 45 % от общего объема, в обоих вариантах. При этом, технологическая себестоимость не значительно зависит от величины начислений на заработную плату, доля которых составляет чуть больше 13 %, также в обоих вариантах.

После выполнения всех требуемых вычислений, следующим шагом является определение объема капиталовложений в данный процесс производства, иначе говоря, требуется оценить необходимый масштаб инвестиций. Для этого прибегнем к «методике расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического процесса» [13]. По причине того, что изменения технологического процесса касаются всего технического оснащения на операциях, расчет инвестиций

будет основываться на полном перечне затрат. Это будут: «затраты на оборудование, доставку и транспорт ($K_{ОБ}$), затраты на проектирование ($K_{ПР}$), оснастку и инструмент ($K_{ОИ}$), площадь ($K_{ПЛ}$) и программное обеспечение ($K_{П.ОБ}$)» [13]. На рисунке 7 представлены данные заявленных показателей и общий масштаб инвестиций.

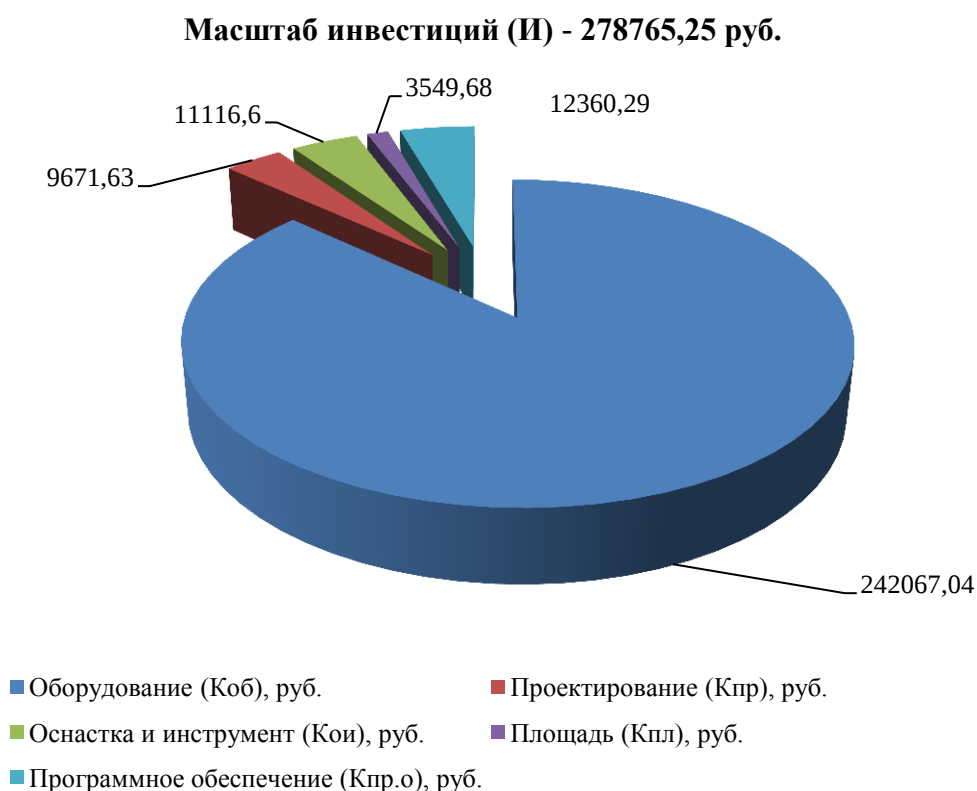


Рисунок 7 – Цифровые данные заявленных показателей и общий масштаб инвестиций, руб.

Анализ данных рисунка 7 показывает, что подавляющая часть инвестиций (86,8 %) приходится на технологическое оснащение ($K_{ОБ}$). В то же время, затраты на площадь составляют лишь 1,3 %, что является незначительной долей общих вложений.

Следующим шагом является расчет количественных значений ключевых экономических показателей: «чистой прибыли, срока окупаемости и интегрального экономического эффекта» [13]. Расчет выполняется в соответствии с «методикой расчета показателей экономической

эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [13].
Полученные значения данных показателей отражены на рисунке 8.

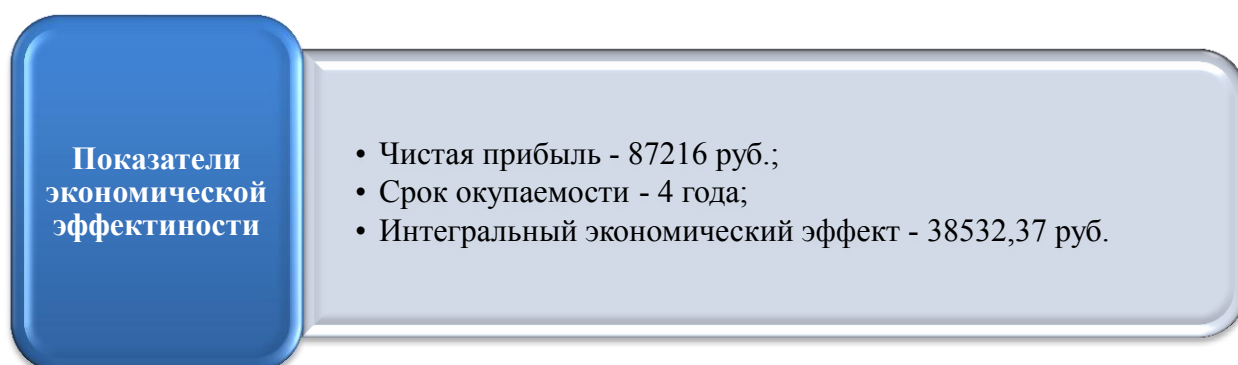


Рисунок 8 – Демонстрация параметров экономических показателей

Основываясь на проделанных расчетах, можно сделать заключение об эффективности данного технологического процесса. Все проведенные экономические исследования, подтверждают его эффективность, поскольку его реализация приведет к получению совокупного экономического эффекта в размере 38532,37 рублей.

В данном разделе проведена экономическая оценка внедряемых решений, подтверждающая их рентабельность и практическую значимость, которая заключается в снижении себестоимости, а также в повышении эксплуатационных характеристик детали.

Заключение

Выпускная квалификационная работа, посвящённая разработке технологического процесса изготовления ступицы, продемонстрировала комплексный подход к решению задач повышения точности, эффективности и экологической безопасности производства. В ходе исследования были спроектированы и оптимизированы ключевые элементы оснастки: оправка с гофрированной втулкой и механизированным приводом, а также резец с усовершенствованной системой крепления режущей пластины. Эти решения позволили минимизировать деформации заготовки, снизить вибрации и исключить смещение инструмента, что обеспечило соблюдение строгих геометрических допусков и улучшение качества поверхности детали.

Внедрение автоматизированных систем закрепления и адаптивных технологий обработки сократило влияние человеческого фактора, повысило повторяемость операций и ресурс инструмента. Параллельно были разработаны меры по обеспечению безопасности персонала и экологичности процесса: применение защитных кожухов, фильтрационных систем, биоразлагаемых смазочно-охлаждающих жидкостей и рециркуляции отходов. Это позволило снизить риски травматизма, уменьшить выбросы вредных веществ и энергопотребление, соответствуя требованиям международных стандартов.

Результаты работы имеют практическую значимость для машиностроительных предприятий, так как предложенные решения способны сократить себестоимость производства, уменьшить долю брака и повысить конкурентоспособность продукции. Дальнейшее развитие проекта может быть направлено на интеграцию цифровых систем мониторинга и адаптивного управления. Модернизация технологического процесса изготовления ступицы на основе инновационных инженерных решений является ключевым фактором достижения высоких производственных и экологических показателей в современных условиях.

Список используемых источников

1. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов : монография / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М. Х. Утешев. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/28284> (дата обращения: 09.01.2025).
2. Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 220 с. – ISBN 978-5-507-45503-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/271247> (дата обращения: 21.04.2025).
3. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога / У Болтон. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 с.
4. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб. –метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти.: Изд –во ТГУ, 2021. – 22 с.
5. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки. – Введ. 1987–01–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 5 с.
6. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 2010–07–01. – М. : Стандартиформ, 2010. – 45 с
7. Жидяев А. Н. Режущий инструмент для станков с ЧПУ : учебное пособие / А. Н. Жидяев. – Самара : Самарский университет, 2023. – 80 с. – ISBN 978-5-7883-1980-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/406526> (дата обращения: 18.04.2025)..
8. Забирова Г. Р. Технология машиностроения : учебно-методическое пособие / Г. Р. Забирова. – Ульяновск : УлГУ, 2022. – 272 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL:

<https://e.lanbook.com/book/314603> (дата обращения: 06.04.2025).

9. Зубарев Ю. М. Режущий инструмент : учебник для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Вебер, М. А. Афанасенков ; Под общей редакцией Ю. М. Зубарева. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 432 с. – ISBN 978-5-8114-9510-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/254675> (дата обращения: 11.04.2025).

10. Зубарев Ю. М. Технология автоматизированного машиностроения. Проектирование и разработка технологических процессов / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев, В. Г. Юрьев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 312 с. – ISBN 978-5-8114-9826-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/199496> (дата обращения: 08.04.2025).

11. Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 09.04.2025).

12. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 09.04.2025).

13. 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: 30.04.2025).

14. Кудряшов Е. А. Приспособления для производства изделий машиностроения : учебник / Е. А. Кудряшов, И. М. Смирнов, Е. И. Яцун ; под редакцией Е. А. Кудряшова. – 2-е изд., испр. – Москва : Машиностроение, 2023. – 220 с. – ISBN 978-5-907523-50-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387524> (дата обращения: 18.04.2025).

15. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А. А. Маталин. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 512 с. – ISBN 978-5-507-47642-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/399728> (дата обращения:

15.04.2025).

16.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.

17.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: 29.04.2025).

18.Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – Санкт–Петербург. : Лань, 2018. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 01.04.2025).

19.Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

20.Справочник технолога-машиностроителя в 2-х тт : справочник / В. И. Аверченков, А. В. Аверченков, Б. М. Базров [и др.] ; под редакцией А. С. Васильева, А. А. Кутина. – 7-е изд. испр. – Москва : Машиностроение, 2023. – 1574 с. – ISBN 978-5-907523-26-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/307325> (дата обращения: 18.04.2025).

21.Стародубов С. Ю. Проектирование заготовок в машиностроении : учебное пособие / С. Ю. Стародубов, С. Н. Кучма. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 228 с. – ISBN 978-5-9729-1630-6. – Текст : электронный //

Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/428483> (дата обращения: 29.03.2025).

22. Сысоев С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 352 с. – ISBN 978-5-507-53016-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/464225> (дата обращения: 17.04.2025).

23. Технология машиностроения в курсовом проектировании и в выпускной квалификационной работе : учебное пособие / И. Д. Белоновская, Н. Ю. Глинская, А. Н. Гончаров, К. В. Марусич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Оренбург : ОГУ, 2024. – 208 с. – ISBN 978-5-7410-3249-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/437753> (дата обращения: 30.03.2025).

Приложение А Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Дизайн																					
Взам																					
Подп																					
Разработал	Потапов					ТГУ Кафедра ОТМП															
Проверил	Козлов																				
Утвердил						Ступица															
Н. контр																					
М01	Чугун СЧ-18 ГОСТ 1412-85																				
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МЗ								
М02		166	743	1		0,72	41112Х	φ217,8х1325				1	10,32								
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции				Обозначение документа												
Б					Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт		
А03	XX XX XX 000 Заготовительная																				
Б04	Литейная машина																				
О5																					
А06	XX XX XX 005 4110 Токарная																				
Б07	381101 Токарный HAAS GT10 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 11																				
О 08	Точить поверхности 1, 5, 6, 7, 8, 9, 24, 25, 27 в размер φ69,564 ^{+0,3} , φ110 _{0,35} , φ130 _{0,4} , φ141,88 _{0,4} .																				
О9	φ215 _{0,46} , 58,11 _{0,3} , 61,28 _{0,3} , 101,28 _{0,35} , 103,165 _{0,35} , 128,24 _{0,4} .																				
О 10	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец контурный специальный CNMG160612-KR																				
Т11	GC 3210 «Sandvik» 392190 Резец расточной TNMX 16 04 08-WMX GC 3210 «Sandvik»; 393311																				
Т12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.																				
Т3																					
А 14	XX XX XX 010 4110 Токарная																				
Б 15	381101 Токарный HAAS GT10 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 0,85																				
О 16	Точить поверхности 12, 14, 16, 17, 18, 19 в размер φ100 _{0,35} , φ77,84 ^{+0,3} , φ60 ^{+0,3} , 81,96 _{0,3} , 86,96 _{0,35} .																				
МК																					

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт	
О 19	128,24 _{0,1} .																
Т 20	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец контурный специальный CNMG160612-KR																
Т 21	GC 3210 «Sandvik» 392190 Резец расточной TNMX 16 04 08-WMX GC 3210 «Sandvik»; 393311																
Т 22	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.																
23																	
А 24	XX XX XX 015 4110 Токарная																
Б 25	381101 Токарный HAAS GT10 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 1,31																
О 26	Точить поверхности 1, 8, 9, 25, 26, 27 в размер $\phi 71,269^{+0,12}$; $\phi 74_{0,3}$; $\phi 140,72_{0,16}$; 56,9 _{0,12} ; 81,92 _{0,14} .																
О 27	126,96 _{0,16} ; 3 _{+0,1} .																
Т 28	396190 Оправка кулачковая; 392190 Резец токарный контурный TNMG 16 04 04-KF GC3215 "Sandvic";																
Т 29	392190 Резец токарный расточной TNMX 16 04 08-WF GC3215 "Sandvic"; 392135 Резец канавочный																
Т 30	расточной N123G2-0300-0002-СМ GC 4225 «Sandvik»; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89;																
Т 31	393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.																
32																	
А 33	XX XX XX 020 4110 Токарная																
Б 34	381101 Токарный HAAS GT10 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 0,81																
О 35	Точить поверхности 15, 16, 17, 18 в размер $\phi 79,45^{+0,12}$; $\phi 82^{+0,35}$; 81,3 _{0,12} ; 125,68 _{0,16} ; 3 _{+0,1} ; 1 _{+0,1} x45°.																
Т 36	396190 Оправка кулачковая; 392190 Резец токарный контурный TNMG 16 04 04-KF GC3215 "Sandvic";																
Т 37	392190 Резец токарный расточной TNMX 16 04 08-WF GC3215 "Sandvic"; 392135 Резец канавочный																
Т 38	расточной N123G2-0300-0002-СМ GC 4225 «Sandvik»; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89;																
Т 39	393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.																
40																	
А 41	XX XX XX 025 4120 Сверлильная																
МК																	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

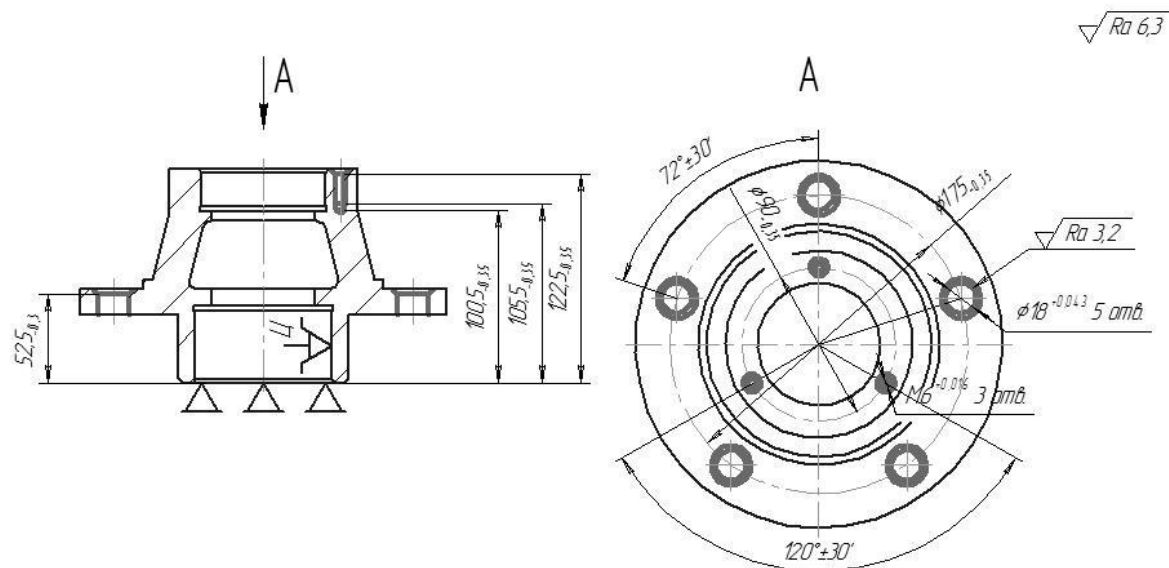
A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б 42	381210 Сверлильный с ЧПУ HAAS VF-13 17335					422	1Р	1	1	1	1	1200	1			0,3
О 43	Сверлить поверхности 2, 4, 10, 13 в размеры $\phi 18^{+0,045}_{-0,045}$, $\phi 21^{+0,10}_{-0,10}$, $\phi 5,5^{+0,10}_{-0,10}$, $\phi 11^{+0,10}_{-0,10}$, 52 _{0,3} , 105 _{0,3} , 100 _{0,3} .															
О 44	нарезать резьбу поверхность 3 в размер М6 _{0,016} .															
Т 45	396190 Оправка цанговая; 391213 Сверло спиральное R841-1750-30-A1A GC1220 "Sandvik"; 391213															
Т 46	Сверло спиральное R841-0500-30-A1A GC1220 "Sandvik"; 391745 Развертка 830B-E06D1000H7S12 P10R															
Т 47	"Sandvik"; 391818 Фреза резьбовая GC1630R217.14C045100AC13N GC1630 "Sandvik"; 393450 Нутромер															
Т 48	HM-50 ГОСТ10-88; 393400 Калибр.															
49																
А 50	XX XX XX 030 4110 Токарная															
Б 51	381101 Токарный HAAS GT10 3 18217					422	1Р	1	1	1	1	1200	1			0,94
О 52	Точить поверхности 8, 9, 25, 27 в размер $\phi 71,949^{+0,052}_{-0,052}$, $\phi 140^{+0,1}_{-0,1}$, 55 _{0,12} , 80 _{0,14} , 125 _{0,16} .															
Т 53	396190 Оправка с гофрированной втулкой; 392190 Резец токарный контурный специальный ВК6;															
Т 54	392190 Резец токарный расточной специальный ВК6; 393121 Скоба рычажная ГОСТ 11098-75; 393450															
Т 55	Нутромер HM-100 ГОСТ10-88.															
56																
А 57	XX XX XX 035 4110 Токарная															
Б 58	381101 Токарный HAAS GT10 3 18217					422	1Р	1	1	1	1	1200	1			0,69
О 59	Точить поверхности 17, 18 в размер $\phi 79,949^{+0,053}_{-0,053}$, 80 _{0,12} .															
Т 60	396190 Оправка с гофрированной втулкой; 392190 Резец токарный контурный специальный ВК6;															
Т 61	392190 Резец токарный расточной специальный ВК6; 393121 Скоба рычажная ГОСТ 11098-75; 393450															
Т 62	Нутромер HM-100 ГОСТ10-88.															
63																
А 64	XX XX XX 040 Моечная															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А 65	XX XX XX 045 Контрольная														
66															
67															
68															
69															
70															
71															
72															
73															
74															
75															
76															
77															
78															
79															
80															
81															
82															
83															
84															
85															
86															
87															
МК															

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

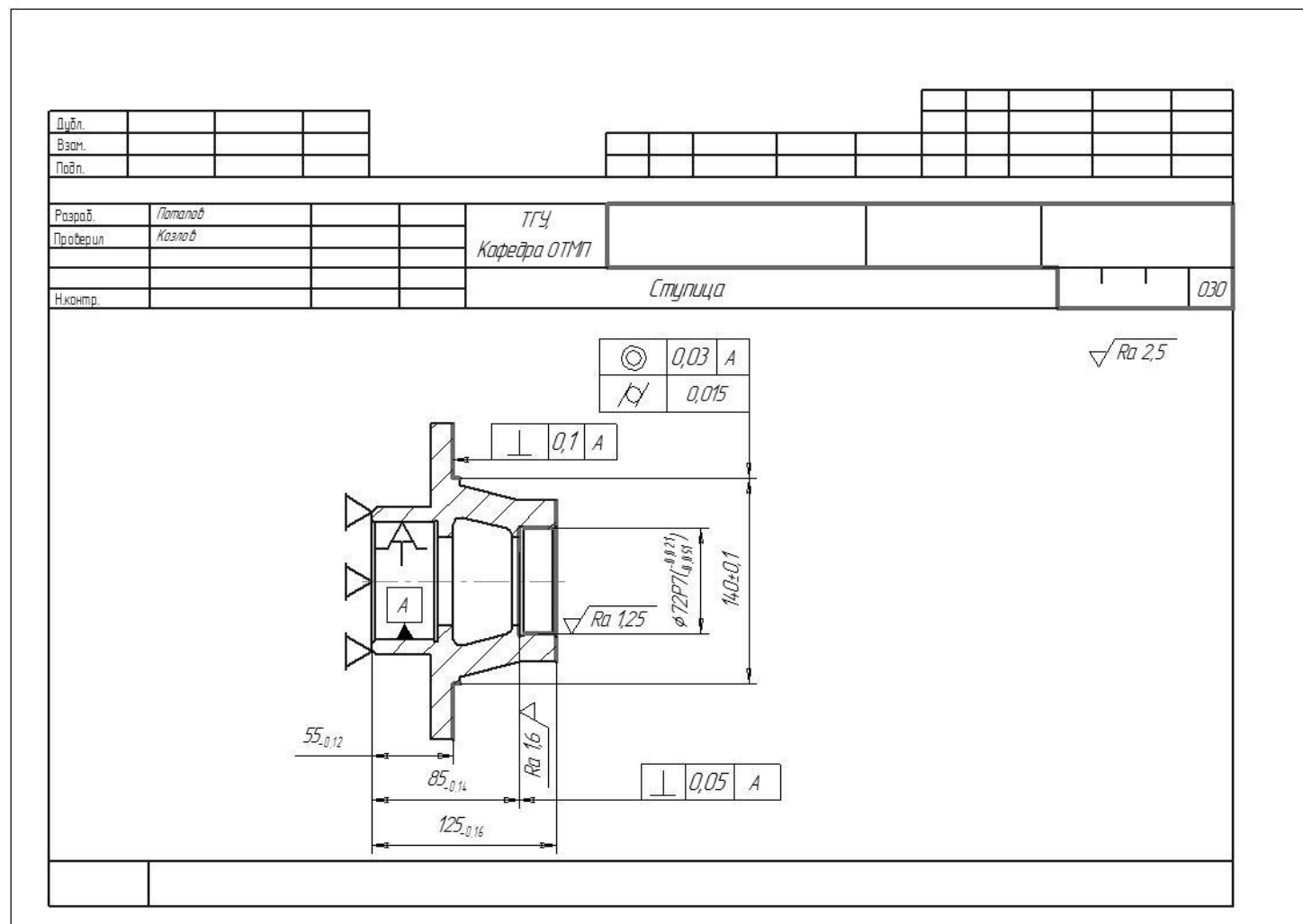
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2.118-82										Форм 1	
Дубл.	Взам.	Подп.									
Разраб.	Попалов			ТГУ							
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМТ							
Н.контр.				Ступица				Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МВ	КОИД	
Сверлильная		Чугун СЧ-18 ГОСТ 1412-85		НВ 140	166	7,43	Ø217,8x132,5		10,32	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тгв	Тшт	Сож			
НААС VF-1				0,21			0,3	Blasocut			
		пи	а или в	L	f	i	s	n	v		
01	1. Установить заготовку										
Т _{за}	396190 Оправка цанговая; 391213 Сверло спиральное R841-1750-30-A1A GC1220 "Sandvik"; 391213										
Т _{за}	Сверло спиральное R841-0500-30-A1A GC1220 "Sandvik"; 391745 Развертка 830B-E06D1000H7S12 P10R										
Т _{за}	"Sandvik"; 391818 Фреза резьбовая GC1630R217.14C045100AC13N GC1630 "Sandvik".										
02	2. Сверлить поверхности 2, 4, 10, 13 нарезать резьбу пов. 3 выдерживая размеры согласно эскиза.										
Р _{за}		1			8,75		0,5	2700	150		
Р _{за}		2			2,5		0,2	6300	100		
Р _{за}		3			0,25		1,2	2600	150		
Т _{за}		4			0,5		1,0	5600	80		
03	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.										
11											

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2.118-82										Форм 1																																	
Дубл.																																											
Взам.																																											
Подп.																																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;">Разраб.</td> <td style="width:15%;">Пополов</td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%; text-align: center;">ТГУ</td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> </tr> <tr> <td>Проверил</td> <td>Козлов</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Кафедра ОТМП</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>И.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: center;">Ступица</td> <td> Цех Уч. Р.М. Опер. 030 </td> </tr> </table>												Разраб.	Пополов			ТГУ				Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП												И.контр.				Ступица			Цех Уч. Р.М. Опер. 030
Разраб.	Пополов			ТГУ																																							
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП																																							
И.контр.				Ступица			Цех Уч. Р.М. Опер. 030																																				
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД																																	
Токарная		Чугун СЧ-18 ГОСТ 1412-85		НВ 140	166	7,43	#217,8x1325		10,32	1																																	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		Т0	ТБ	ТГ0	ТШ0	СОЖ																																			
НААС 6Т10				0,67			0,94	Blasocut																																			
		ПМ	0 или 8	L	+	+	S	П	V																																		
01	1. Установить заготовку																																										
Т.02	396190 Оправка с зафрезерованной втулкой; 392190 Резец токарный контурный специальный ВК6;																																										
Т.03	392190 Резец токарный расточной специальный ВК6.																																										
04	2. Точить поверхности 8, 9, 25, 27 выдерживая размеры согласно эскиза.																																										
Р.05		1			0,5		0,12	780	530																																		
Р.06		2			0,5		0,10	1900	450																																		
07	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.																																										
08																																											
09																																											
10																																											

Спецификации к сборочным чертежам

Перед. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A1			25.BP.OTMΠ.062.65.00.000CB	Сборочный чертеж			
					Документация			
					Детали			
	A3	1	25.BP.OTMΠ.062.65.00.001	Корпус	1			
	A4	2	25.BP.OTMΠ.062.65.00.002	Плунжер	1			
	A4	3	25.BP.OTMΠ.062.65.00.003	Втулка гофрированная	1			
	A4	4	25.BP.OTMΠ.062.65.00.004	Тяга	1			
	A2	5	25.BP.OTMΠ.062.65.00.005	Корпус пневмоцилиндра	1			
	A4	6	25.BP.OTMΠ.062.65.00.006	Шток	1			
Подп. и дата	A4	7	25.BP.OTMΠ.062.65.00.007	Крышка пневмоцилиндра	1			
	A4	8	25.BP.OTMΠ.062.65.00.008	Поршень	1			
	A4	9	25.BP.OTMΠ.062.65.00.009	Муфта	1			
	A4	10	25.BP.OTMΠ.062.65.00.010	Крышка муфты передняя	1			
	A4	11	25.BP.OTMΠ.062.65.00.011	Корпус муфты	1			
	A4	12	25.BP.OTMΠ.062.65.00.012	Крышка муфты задняя				
					Стандартные изделия			
Взам. инв. №		13		Кольцо ГОСТ2833-77	1			
		14		Винт М5х20 ГОСТ17476-84	4			
		15		Винт М5х20 ГОСТ17476-84	4			
		16		Винт М8х30 ГОСТ17476-84	4			
		17		Опора 13440-68	3			
		18		Винт М8х15 ГОСТ1479-93	1			
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	25.BP.OTMΠ.062.65.00.000		
	Разработ.	Лопатов				Лит.	Лист	Листов
	Провер.	Козлов					1	2
	Н.контр.	Козлов				ГТУ ИМ г.р. ТМдп-2001дс		
	Утв.	Лагоинав						

Копировать Формат А4

Продолжение таблицы Б.1

60

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №		A2			25.БР.ОТМП.062.70.00.000СБ	Сборочный чертеж		
		A3	1		25.БР.ОТМП.062.70.00.001	Державка резца	1	
		A4	2		25.БР.ОТМП.062.70.00.002	Втулка	1	
		A4	3		25.БР.ОТМП.062.70.00.003	Клин	1	
Подп. и дата				4		Пластина режущая трехгранная 01125 ГОСТ 19046-80	1	
				5		Винт М5х50 ГОСТ 17473-80	1	
				6		Гайка М5 ГОСТ 10605-94	1	
Взам. инв. №								
Инв. № подл.								
Изм. № подл.								
Копировал								
Формат А4								

25.БР.ОТМП.062.70.00.000

Резец токарный

Лит.	Лист	Листов
		1

ТГУ, ИМ
гр. ТМдп-2001дс