

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 зажимной цанги

Обучающийся

Д.М. Абубакиров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.А. Козлов

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

Консультанты

канд. экон. наук, доцент Е.А. Боргардт

(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

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке и совершенствованию технологического процесса изготовления зажимной цанги – важного компонента в металлообрабатывающем оборудовании, обеспечивающего точную фиксацию заготовки.

Цель работы заключается в оптимизации производственного процесса, повышении качества изделия и снижении себестоимости без ущерба для эксплуатационных характеристик.

Структура работы включает введение, обзор данных, технологический и конструкторский разделы, экономическое и экологическое обоснование, заключение и приложения. В структуру работы входит графическая часть в объеме 7 листов формата A1 и пояснительная записка, состоящая из 71 страницы.

В работе проведён анализ конструктивных особенностей цанговых зажимов, требований к их геометрической точности, прочности и износостойкости. Рассмотрены современные методы обработки металлов, включая токарную, фрезерную и термическую обработку, а также применение станков с числовым программным управлением для достижения высокой повторяемости параметров.

Технологическая часть работы включает разработку технологической карты и моделирование этапов производства. Разработанный процесс может быть адаптирован для серийного производства, что повысит эффективность предприятий, специализирующихся на выпуске оснастки для металлорежущих станков.

Работа демонстрирует комплексный подход к проектированию технологических процессов, актуальный для машиностроительной отрасли, и подчеркивает значимость внедрения инновационных решений в традиционные методы производства.

Abstract

This final qualification work the thesis is devoted to the development and improvement of the technological process for manufacturing a collet chuck – a critical component in metalworking equipment that ensures precise clamping of workpieces.

The aim of the work is to optimize the production process, enhance product quality, and reduce manufacturing costs without compromising performance characteristics.

The structure of the thesis includes an introduction, literature review, technological and design sections, economic and environmental justification, conclusion, and appendices. The work comprises a graphic component with 7 sheets in A1 format and a 71-page explanatory report.

The study analyzes the design features of collet chucks, focusing on requirements for geometric accuracy, strength, and wear resistance. Modern metal processing methods such as turning, milling, heat treatment, and the use of CNC machines to ensure high parameter repeatability are examined.

The technological section involves the development of a process chart and simulation of production stages. The proposed process can be adapted for serial production, thereby improving efficiency for enterprises specializing in tooling for metal-cutting machines.

This work demonstrates a comprehensive approach to designing technological processes, relevant to the mechanical engineering industry, and underscores the importance of integrating innovative solutions into traditional production methods.

Содержание

Введение.....	5
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	6
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации..	6
1.2 Анализ технологических показателей детали.....	7
1.3 Анализ типа производства	10
1.4 Задачи работы.....	12
2 Разработка технологии изготовления	14
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	14
2.2 Разработка плана изготовления детали	23
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	24
2.4 Проектирование операций технологического процесса	29
3 Разработка технологической оснастки и режущего инструмента	32
3.1 Разработка станочного приспособления	32
3.2 Разработка токарного резца	37
4 Безопасность и экологичность технического объекта	41
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта	41
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	41
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	43
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	46
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	47
5 Экономическая эффективность работы	49
Заключение	53
Список используемых источников.....	54
Приложение А Технологическая документация.....	58
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	67

Введение

Зажимные цанги являются ключевыми элементами в металлообрабатывающей промышленности, обеспечивая точное крепление заготовок в станках, что напрямую влияет на качество и скорость выполнения операций. Их изготовление требует соблюдения строгих технических норм, связанных с геометрической точностью, прочностью и долговечностью, что делает технологический процесс производства особенно сложным и многокомпонентным. Актуальность темы обусловлена необходимостью оптимизации таких процессов в условиях растущих требований к производительности, экономичности и экологичности машиностроительных предприятий.

Целью данной работы является разработка эффективного технологического процесса изготовления зажимной цанги, ориентированного на минимизацию затрат при сохранении высоких эксплуатационных характеристик изделия.

Проектирование направлено на решение проблем, связанных с выбором оптимальных методов обработки, материалов и режимов производства, а также на внедрение современных подходов, включая цифровое моделирование и автоматизацию этапов изготовления.

В работе анализируются конструктивные особенности цанговых зажимов, их функциональные требования и условия эксплуатации. Особое внимание уделено интеграции традиционных методов металлообработки с инновационными технологиями, такими как использование станков с числовым программным управлением и компьютерного инжиниринга. Практическая значимость работы заключается в создании типовой технологии изготовления, которая может быть адаптирована для различных типов цанг, что способствует повышению конкурентоспособности отечественных производств.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Зажимная цанга в токарной обработке выполняет роль высокоточного фиксирующего устройства, обеспечивающего надёжное крепление заготовки или инструмента во время вращения шпинделя. Её основное назначение заключается в передаче крутящего момента на деталь, минимизации биений и сохранении соосности, что важно для соблюдения заданных геометрических параметров обрабатываемой поверхности. Конструкция цанги, основанная на упругой деформации лепестков, позволяет равномерно распределять усилие, предотвращая деформацию заготовки даже при высоких скоростях резания.

Эксплуатация цанги происходит в условиях значительных механических нагрузок, включая вибрации, термическое воздействие от трения и циклические напряжения. Это требует от материала изготовления сочетания высокой прочности, износостойкости и упругости. Например, использование инструментальной стали с последующей термообработкой обеспечивает необходимую твёрдость поверхности лепестков, сохраняя при этом пластичность сердцевины для многократного сжатия и раскрытия.

Важным является взаимодействие цанги с другими компонентами патрона: точность посадки в корпус, соответствие конусных поверхностей, а также совместимость с системами автоматической смены инструмента. В процессе обработки цанга подвергается абразивному износу от стружки и охлаждающих жидкостей, что диктует необходимость периодического контроля её геометрии и состояния рабочих поверхностей.

Ключевым требованием остаётся способность цанги сохранять стабильность зажима при динамических нагрузках, что напрямую влияет на качество чистовой обработки и безопасность оператора. Оптимизация её

параметров, таких как угол конуса и количество лепестков, позволяет адаптировать устройство под специфические задачи от работы с хрупкими материалами до обработки деталей сложной конфигурации. Таким образом, зажимная цанга выступает неотъемлемым звеном технологической цепочки, где её надежность определяет эффективность всего процесса токарной обработки.

1.2 Анализ технологических показателей детали

Анализ технологических показателей детали – это комплексная оценка характеристик изделия, определяющих эффективность и целесообразность его изготовления в конкретных производственных условиях. Он направлен на выявление факторов, которые влияют на сложность, стоимость и качество производства, а также на соответствие детали эксплуатационным требованиям.

«Технологичность материала детали выполняется исходя из его химического состава и физико-механических свойств» [18]. Данные показатели для стали 65Г ГОСТ 14959-79, взятые по данным [18] приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	Углерод	Сера	Фосфор	Медь	Хром	Марганец	Никель	Кремний
Содержание, %	0,62-0,7	0,035	0,035	0,2	0,035	0,9-1,2	0,25	0,62-0,70

Таблица 2 – Физико-механические свойства

Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение после разрыва, %	Относительное сужение, %	Твердость по Бринеллю
690	880	5	10	190-200

Исходя из приведенных данных, можно сделать следующие выводы. Материал обладает высокой прочностью и износостойкостью, имеет хорошую прокаливаемость (глубина закалки до 25 мм), хорошую пластичность после термообработки, склонен к образованию закалочных напряжений и трещин при нарушении режимов термообработки. Из технологических особенностей следует отметить высокую твердость после закалки с отпуском, что усложняет механическую обработку и необходимость предварительной нормализации для устранения внутренних напряжений перед чистовой обработкой.

Технологичность точности и качества поверхностей оценивается исходя из их квалитетов точности и шероховатости. Наибольшие квалитеты точности на посадочные шейки и рабочие поверхности IT7, остальные IT12. Максимальная шероховатость на рабочие поверхности шейки под подшипники и зубья параметр Ra 0,8 мкм, не ответственные 12,5 мкм. Данные параметры достижимы стандартными методами обработки, наиболее дорогостоящим из которых является чистовое шлифование с алмазной правкой кругов.

Технологичность конструкции детали оценивает, насколько геометрия детали упрощает или усложняет обработку (наличие сложных пазов, буртиков, доступность для инструмента).

Однако, для полноты оценки, необходимо определить какие поверхности являются наиболее значимыми для детали с точки зрения выполнения ей своего служебного назначения [16]. «Для этого выполняется эскиз детали, на котором каждой поверхности присваиваем свой индивидуальный номер» [16]. «Результаты приведены на рисунке 1» [16]. «Затем классифицируем поверхности по назначению» [16]. Результаты приведены в таблице 3.

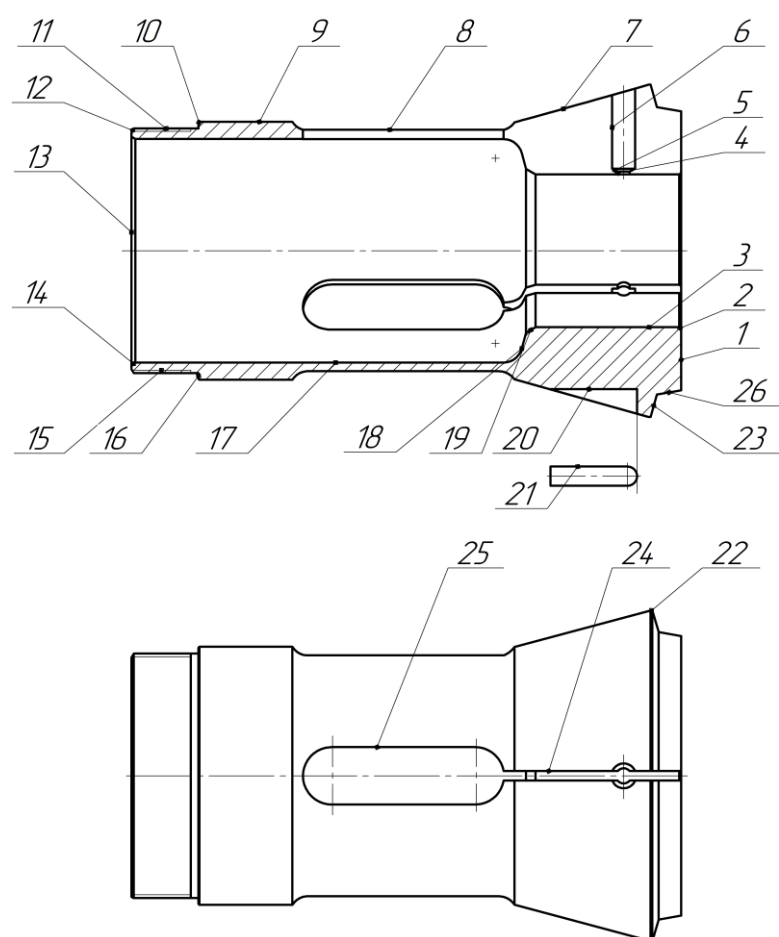


Рисунок 1 – Эскиз детали

Таблица 3 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база	9, 7
Вспомогательная конструкторская база	6, 15, 16, 19, 21, 23
Исполнительная поверхность	3
Свободные поверхности	все остальные

Проведем оценку геометрических особенностей. Посадочные шейки, пазы стандартизованные, что упрощает обработку. В конструкции присутствуют упорные буртики, галтели, которые снижают концентрацию напряжений, а также центровые отверстия, которые обеспечивают базирование при обработке.

Плюсы такой конструкции заключаются в отсутствии сложных

внутренних полостей, а также применением преимущественно тел вращения, что упрощает обработку. Кроме того, в конструкции применены стандартные элементы (пазы, канавки), которые позволяют использовать универсальные средства оснащения для их получения.

Минусы конструкции заключаются в необходимости обеспечения высокой точности посадочных поверхностей, что требует использования шлифовальных операций. Кроме того, следует отметить наличие переходов с малыми радиусами (галтели), требующих специального инструмента.

С целью повышения технологических показателей детали можно предложить снижение издержек за счет оптимизации режимов резания и сокращения цикла обработки, например, совмещение операций на станках с числовым программным управлением. Основные затраты времени приходятся на чистовое шлифование и термообработку.

Сталь 65Г обеспечивает высокие эксплуатационные характеристики цанги, но требует сложного многоэтапного технологического процесса. Ключевые проблемы заключаются в высокой трудоемкости обработки и риск деформаций. Оптимизация режимов резания, внедрение обработки на станках с числовым программным управлением и модернизация термообработки позволяют снизить себестоимость и повысить качество изделия. Материал обоснован для применения в ответственных узлах.

Конструкция цанги имеет среднюю технологичность. Несмотря на рациональную геометрию, процесс изготовления трудоемок из-за требований к материалу и высокой точности.

1.3 Анализ типа производства

В машиностроении тип производства часто определяется по таблицам, связывающим массу детали и годовую программу [2]. Для детали массой 12,6 кг годовая программа 3000 шт. попадает в категорию среднесерийного производства [2].

Среднесерийное производство – это тип организации изготовления продукции, при котором выпуск осуществляется партиями среднего размера с периодическим повторением циклов. Оно занимает промежуточное положение между мелкосерийным и крупносерийным производством.

Основные характеристики [7]:

- оборудование универсальные станки с возможностью переналадки и станки с числовым программным управлением для гибкости и точности;
- универсальная и специализированная оснастка для ключевых операций;
- рабочие выполняют несколько операций;
- применение групповой технологии для обработки деталей со схожими характеристиками;
- выпуск партиями;
- периодическое повторение производственных циклов;
- оптимизация размера партий для снижения затрат на переналадку;
- себестоимость ниже, чем в мелкосерийном производстве, за счет частичной стандартизации;
- трудоёмкость выше, чем в массовом производстве, из-за частых переналадок оборудования;
- выборочный контроль (например, проверка каждой 10-й детали в партии);
- использование стандартизированных методов для измерения геометрии, проверки твёрдости.

Преимущества среднесерийного производства заключаются в его гибкости, что обеспечивает быстрое переключение между разными типами деталей. Также данный тип производства обеспечивает снижение затрат за счёт средних объёмов выпуска и обеспечить оптимальное соотношение между универсальностью и специализацией.

К недостаткам можно отнести высокие затраты на переналадку оборудования между партиями, сложности в логистике, связанную с необходимостью управления запасами сырья и готовой продукции, ограниченная автоматизация.

С целью повышения эффективности предлагается внедрение станков с числовым программным управлением для сокращения времени переналадки, использование универсально-сборной оснастки, оптимизация размера партий, внедрение MES-систем для контроля производственных процессов.

Среднесерийное производство идеально подходит для выпуска деталей со средними объёмами и умеренной сложностью, обеспечивая баланс между гибкостью и экономической эффективностью.

1.4 Задачи работы

На основе проведенного анализа для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: «исследовать существующие методы механической обработки цанг; разработать технологический маршрут, включающий выбор оборудования, инструмента, режимов резания и контроля; выполнить проектирование оснастки и режущего инструмента» [16]; оценить экологическую безопасность предложенных решений; оценить экономическую эффективность предложенных решений.

Проведённый в данном разделе анализ исходных данных позволил определить ключевые требования к зажимной цанге, вытекающие из её функционального назначения и условий эксплуатации. Установлено, что успешная реализация технологического процесса изготовления должна обеспечивать не только геометрическую точность и механическую прочность изделия, но и устойчивость к динамическим нагрузкам, износу и температурным воздействиям. Эти критерии стали основой для формулировки задач работы, направленных на интеграцию традиционных методов металлообработки с современными подходами, включая цифровое

проектирование и автоматизацию этапов производства.

Особое внимание в постановке задач уделено оптимизации выбора материалов, режимов обработки и контроля качества, что напрямую связано с необходимостью снижения себестоимости без ущерба для эксплуатационных характеристик. Определена важность адаптации технологического процесса под требования типа производства, включая стандартизацию операций и минимизацию ручного труда. Решение этих задач позволит создать универсальную методику, применимую для изготовления цанг различного типа, что соответствует запросам предприятий на повышение гибкости и конкурентоспособности.

Таким образом, анализ исходных данных и постановка задач сформировали методологическую базу для дальнейшей разработки технологического процесса. Результаты этого этапа работы подчёркивают необходимость комплексного подхода, где технические, экономические и экологические задачи производства рассматриваются как взаимосвязанные элементы единой системы. Последующие этапы работы будут ориентированы на практическую реализацию предложенных решений и их экспериментальную верификацию.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Выбор метода получения заготовки для вала-шестерни из стали 65Г обосновывается следующими ключевыми особенностями. Сталь относится к легированным конструкционным сталям, обладающим высокой прочностью, износостойкостью и способностью к термообработке. Цанга работает под значительными механическими и ударными нагрузками, что требует отсутствия внутренних дефектов (пористость, ликвация) и однородной структуры металла. Исходя из этого, наиболее подходящими методами получения заготовки цанги являются горячая штамповка и прокат [1]. Прокат экономичен и прост, имеет менее плотную структуру по сравнению с кованными заготовками. Механическая обработка из проката приводит к большим отходам, особенно для крупных деталей. Кроме того, волокна металла в прокате не ориентированы вдоль оси вала, что снижает усталостную прочность. Штамповка уплотняет металл, устраняет дефекты структуры, формирует направленное расположение волокон вдоль оси детали, что повышает прочность и сопротивление ударным нагрузкам. Кроме этого, штамповка обеспечивает близкую к конечной форму заготовки, сокращая припуски на механическую обработку. Штампованные заготовки лучше реагируют на последующую закалку, отпуск и нормализацию, что критично для стали 65Г.

«Сравнение этих методов будем производить на основе сравнения общих технологических затрат:

$$C = C_3 + C_{\text{обр}}, \quad (1)$$

где C_3 – затраты на получение заготовки, руб.;

$C_{\text{обр}}$ – затраты на снятие стружки, руб.» [10].

«Затраты на получение заготовки:

$$C_3 = \frac{C_m \cdot M_3}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

где C_m – цена материала заготовки, руб.;

M_3 – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$ – коэффициент, зависящий от способа получения заготовки;

K_T – коэффициент, зависящий от точности метода получения заготовки;

$K_{сл}$ – коэффициент, зависящий от сложности метода получения заготовки» [10].

«Определение массы заготовки производится по формуле:

$$Q = q \cdot K_P, \quad (3)$$

где K_P – коэффициент, зависящий от формы детали и способа ее получения» [10].

«Проводим расчеты по формуле (3).

$Q = 12,6 \cdot 3,6 = 45,36$ кг – для заготовки из проката.

$Q = 12,6 \cdot 2,0 = 25,2$ кг – для штампованной заготовки» [10].

«Определяем затраты на получение заготовки по формуле (2).

$C_3 = \frac{16370 \cdot 45,36}{1000} \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 941,92$ р. – для заготовки из проката.

$C_3 = \frac{16370 \cdot 25,2}{1000} \cdot 2,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1031,31$ р. – для штампованной заготовки» [10].

«Затраты на снятие стружки:

$$C_{обр} = \frac{C_{уд} \cdot (\frac{1}{K_{им}} - 1) \cdot M_d}{K_o}, \quad (4)$$

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

$K_{им}$ – коэффициент использования материала;

K_0 – коэффициент обрабатываемости материала» [10].

«Коэффициент использования материала определяется по формуле:

$$K_{им} = \frac{M_д}{M_з}. \quad (5)» [10]$$

«Выполняем расчеты.

$$K_{им} = \frac{12,6}{45,36} = 0,28 \text{ – для заготовки из проката.}$$

$$K_{им} = \frac{12,6}{25,2} = 0,5 \text{ – для штампованной заготовки» [10].}$$

«По формуле (4) определяем затраты на снятие стружки.

$$C_{обр} = \frac{4,5 \cdot (\frac{1}{0,28} - 1) \cdot 12,6}{1,0} = 185,8 \text{ р. – для заготовки из проката.}$$

$$C_{обр} = \frac{4,5 \cdot (\frac{1}{0,5} - 1) \cdot 12,6}{1,0} = 56,7 \text{ р. – для штампованной заготовки» [10].}$$

«Общие технологические затраты согласно формуле (1) равны.

$$C = 941,92 + 185,8 = 1127,72 \text{ р. – для заготовки из проката.}$$

$$C = 1031,31 + 56,7 = 1088,01 \text{ р. – для штампованной заготовки» [10].}$$

«Метод получения заготовки горячей штамповкой имеет лучшие экономические показатели, поэтому выбран в качестве основного для проектирования заготовки» [10].

Последующей стадией проектирования заготовки является формирование технологических маршрутов обработки. Оптимизация данного этапа достигается посредством сравнительного анализа суммарных удельных трудоёмкостей альтернативных технологических маршрутов, с учётом заданных эксплуатационных параметров поверхности (шероховатость, твёрдость, точность геометрии).

Критерием выбора оптимального варианта выступает минимизация ресурсных затрат при обеспечении соответствия обработанных поверхностей

требованиям технической документации (например, ГОСТ 2789-73 для шероховатости, ГОСТ 2.309-73 для обозначения покрытий). Для реализации метода применяются:

- расчётные модели, связывающие режимы обработки (скорость резания, подача, глубина) с достижимыми параметрами качества;
- нормативные данные по трудоёмкости операций (токарная, фрезерная, шлифовальная обработка);
- эмпирические зависимости для оценки износа инструмента и энергопотребления.

Синтез маршрута базируется на принципах системного подхода, где последовательность операций определяется иерархией точности (от черновой к финишной обработке) и технологической совместимостью методов, например, сочетание токарной обработки с последующим шлифованием. Результатом этапа является рациональная схема, обеспечивающая воспроизводимость характеристик при заданном типе производства, приведенная в таблице 4 по данным [15], [21].

Таблица 4 – Маршрут обработки поверхностей

Поверхность	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
1	11	1,6	точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование
3	9	0,8	точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое
4, 5, 6	14	6,3	сверление, термическая обработка
7, 9	7	0,8	точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое
8, 17, 18	11	3,2	точение, точение чистовое, термическая обработка
10, 11, 12, 14, 16, 18, 2	14	6,3	точение, точение чистовое, термическая обработка
13, 14	14	3,2	точение, точение чистовое, термическая обработка
15	6	1,6	термическая обработка, прорезание

Продолжение таблицы 4

Поверхность	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
16	9	1,6	точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование
19	12	6,3	точение, точение чистовое, термическая обработка
20, 25	14	6,3	фрезерование, термическая обработка
21	9	1,6	фрезерование, термическая обработка
22	12	6,3	точение, точение чистовое, термическая обработка
24	14	6,3	фрезерование, термическая обработка, прорезание
26	14	6,3	точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование

Маршруты обработки поверхностей, приведённые в таблице 4, составляют методическую основу для расчёта припусков на механическую обработку. Выбор метода расчёта припусков определяется требуемым уровнем точности обработки и технологическими ограничениями, регламентированными стандартами.

Алгоритм расчёта базируется на следующих принципах:

- иерархия точности: припуски корректируются в зависимости от последовательности операций;
- учёт деформаций: для материалов с низкой стабильностью вводятся поправочные коэффициенты;
- оптимизация ресурсов: минимизация объёма снимаемого материала при сохранении технологической надёжности.

Для формализации процесса рекомендуется использование аналитических методов или программных средств на базе CAD/CAM, обеспечивающих сопряжение параметров маршрута с нормами точности. Результаты расчётов служат входными данными для проектирования операционных карт и выбора режущего инструмента.

«Припуск на обработку поверхностей диаметром $135f7(-0,043_{-0,083})$ мм

определяются расчетно-аналитическим методом» [14].

«Расчет минимального припуска производится по формуле:

$$2Z_{min}^i = 2[R_z^{i-1} + h^{i-1} + \sqrt{(\Delta_{пр}^{i-1})^2 + (\Delta \varepsilon_y^i)^2}], \quad (6)$$

где R_z – шероховатость, мм;

h – дефектный слой, мм;

Δ – пространственные отклонения, мм;

ε – погрешность установки заготовки в приспособлении, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [14].

$$2Z_{min}^i \text{ точение предварительное} = 2 \left(0,2 + 0,2 + \sqrt{0,853^2 + 0^2} \right) = 2,606 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min}^i \text{ точение окончательное} = 2 \left(0,08 + 0,1 + \sqrt{0,29^2 + 0^2} \right) = 0,418 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min}^i \text{ шлифование окончательное} = 2 \left(0,05 + 0,04 + \sqrt{0,19^2 + 0^2} \right) = 0,218 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min}^i \text{ шлифование промежуточное} = 2 \left(0,03 + 0,025 + \sqrt{0,015^2 + 0^2} \right) = 0,140 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min}^i \text{ шлифование предварительное} = 2 \left(0,015 + 0,01 + \sqrt{0,1^2 + 0^2} \right) = 0,070 \text{ мм.}$$

Расчет минимальных размеров:

$$d_{min}^{i-1} = d_{min}^i + 2Z_{min}^i. \quad (7)$$

$$d_{min}^{i-1} \text{ шлифование окончательное} = 134,917 \text{ мм.}$$

$$d_{min}^{i-1} \text{ шлифование промежуточное} = 134,917 + 0,070 = 134,987 \text{ мм.}$$

$$d_{min}^{i-1} \text{ шлифование предварительное} = 134,987 + 0,140 = 135,127 \text{ мм.}$$

$$d_{\min \text{ точение окончательное}}^{i-1} = 135,127 + 0,218 = 135,345 \text{ мм.}$$

$$d_{\min \text{ точение предварительное}}^{i-1} = 135,345 + 0,418 = 135,763 \text{ мм.}$$

$$d_{\min \text{ заготовительная}}^{i-1} = 135,763 + 2,606 = 138,369 \text{ мм.}$$

Расчет максимальных размеров:

$$d_{\max}^{i-1} = d_{\min}^i + Td^i, \quad (8)$$

где Td – поле допуска, мм.

$$d_{\max \text{ шлифование окончательное}}^{i-1} = 134,957 \text{ мм.}$$

$$d_{\max \text{ шлифование промежуточное}}^{i-1} = 134,987 + 0,022 = 135,009 \text{ мм.}$$

$$d_{\max \text{ шлифование предварительное}}^{i-1} = 134,127 + 0,063 = 135,190 \text{ мм.}$$

$$d_{\max \text{ точение окончательное}}^{i-1} = 135,345 + 0,160 = 135,505 \text{ мм.}$$

$$d_{\max \text{ точение предварительное}}^{i-1} = 135,763 + 0,630 = 136,393 \text{ мм.}$$

$$d_{\max \text{ заготовительная}}^{i-1} = 138,369 + 3,200 = 141,569 \text{ мм.}$$

Максимальные значения операционных припусков:

$$2Z_{\max}^i = d_{\max}^{i-1} - d_{\max}^i. \quad (9)$$

$$2Z_{\max \text{ шлифование окончательное}}^i = 135,009 - 134,957 = 0,052 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max \text{ шлиф промежуточное}}^i = 135,190 - 135,009 = 0,181 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max \text{ шлифование предварительное}}^i = 135,505 - 135,190 = 0,315 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max \text{ точение окончательное}}^i = 136,393 - 135,505 = 0,888 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max \text{ точение предварительное}}^i = 141,569 - 136,393 = 5,176 \text{ мм.}$$

Минимальные значения операционных припусков:

$$2Z_{\min}^i = d_{\min}^{i-1} - d_{\min}^i. \quad (10)$$

$$2Z_{\min \text{ шлифование окончательное}}^i = 134,987 - 134,957 = 0,030 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min}^i \text{ шлифование промежуточное} = 135,127 - 134,987 = 0,140 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min}^i \text{ шлифование предварительное} = 135,345 - 135,127 = 0,218 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min}^i \text{ точение окончательное} = 135,763 - 135,345 = 0,418 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min}^i \text{ точение предварительное} = 138,369 - 135,763 = 2,606 \text{ мм.}$$

Проверка результатов расчета:

$$2Z_{max}^i - 2Z_{min}^i = Td^{i-1} - Td^i. \quad (11)$$

$$2Z_{max}^i - 2Z_{min}^i = 0,181 - 0,140 = 0,041 \text{ мм.}$$

$$TD^{i-1} - TD^i = 0,063 - 0,022 = 0,041 \text{ мм.}$$

Условие выполнено, следовательно, припуски рассчитаны верно.

Определение припусков на механическую обработку остальных поверхностей осуществляется табличным методом [13], основанным на статистических нормативных данных.

«Алгоритм расчёта включает следующие этапы» [13]:

- «определение минимального припуска на основании табличных значений» [13];
- расчёт максимального припуска с использованием аналитического выражения, учитывающего накопление технологических допусков на каждом переходе.

Данный метод обеспечивает минимизацию избыточного съёма материала при соблюдении требований к точности ГОСТ 3.1105-84 и является основой для проектирования экономически эффективного технологического процесса в условиях среднесерийного производства.

Результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Минимальные операционные припуски

Поверхность	Переход	Припуск, мм
1	1	2,0
	2	0,4
	3	0,6
2	1	1,0
3	1	2,0
	2	0,3
	3	0,25
	4	0,1
7	1	2,0
	2	0,4
	3	0,3
	4	0,1
	5	0,06
8	1	2,0
	2	0,4
9	1	2,0
	2	0,4
	3	0,3
	4	0,1
	5	0,06
10	1	0,5
11	1	2,0
	2	0,4
12	1	1,15
13	1	2,0
	2	0,4
14	1	2,0
15	1	0,3
16	1	2,0
	2	0,4
	3	0,06
17	1	2,0
	2	0,3
18, 19	1	2,0
	2	0,3
22	1	0,3
23, 26	1	2,0
	2	0,4

На основании расчетных значений припусков, полученных для каждой обрабатываемой поверхности, осуществляется проектирование геометрических параметров заготовки. Конфигурация заготовки формируется путём добавления суммарных припусков к номинальным

размерам готовой детали с учётом технологических допусков.

С целью снижения расхода материала необходимо провести определение технологических напусков элементов заготовки. «Для этого определяем параметры заготовки: класс точности заготовки Т3; группа марки материала М2; степень сложности заготовки С3; исходный индекс 14» [4].

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

2.2 Разработка плана изготовления детали

«Проектирование технологического плана изготовления детали осуществляется на основе синтеза технологического маршрута» [16] с учётом условий среднесерийного производства.

Анализ параметров технологического процесса показал, что формирование маршрута для среднесерийного выпуска базируется на адаптации типовых решений, представленных в источниках [17], [22].

Алгоритм разработки маршрута:

- «выбор базового типового маршрута» [17];
- «оптимизация операций на основе анализа избыточности технологических переходов и исключения операций» [22], не влияющих на достижение заданных параметров качества или включения дополнительных этапов, необходимых для компенсации деформаций материала;
- формирование содержания операций на основе группировки поверхностей по методам обработки с учётом геометрии и взаимное расположение поверхностей, технологических возможностей оборудования, требований к производительности и ресурсосбережению.

Полученные результаты разработки технологического маршрута изготовления приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технологический маршрут обработки

Метод обработки	Обрабатываемые поверхности	Наименование операции
точение	1, 3, 23, 26	005 Токарная
точение	4, 7, 8, 9, 11, 13, 16, 17	010 Токарная
точение	1, 2, 3, 22, 23, 26	015 Токарная
точение	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19	020 Токарная
шлифование	7, 9	025 Круглошлифовальная
фрезерование	4, 5, 6, 20, 21, 24	030 Фрезерная
закалка	все поверхности	035 Термическая
шлифование	1, 3	040 Внутришлифовальная
шлифование	7, 9	045 Круглошлифовальная
шлифование	3	050 Внутришлифовальная
шлифование	7, 9	055 Круглошлифовальная
шлифование	16	060 Торцекруглошлифовальная
шлифование	15	065 Резьбошлифовальная
фрезерование	24	070 Прорезная
мойка	все поверхности	075 Моечная
—	все поверхности	080 Контрольная

«Выбор схем базирования осуществляется на основании комплексного анализа принципов единства и постоянства баз и рекомендаций, изложенных в рекомендациях» [8].

«Результаты проектирования формализуются в виде плана изготовления детали» [16]. «Методологические принципы формирования плана изготовления, включая требования к детализации и структуре плана, подробно изложены в работах» [20].

Результаты проектирования плана изготовления отражены на листе графической части работы и в приложении А «Технологическая документация».

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

Технико-экономические показатели технологического процесса в значительной степени определяются применяемыми средствами оснащения, включая оборудование, станочные приспособления, режущий инструмент и

средства контроля. Ключевым критерием их выбора является соответствие типу производства и его специфическим характеристикам [23].

Подбор технологического оборудования определяется технологическими требованиями, требуемым видом обработки, экономическими показателями, требованиями на соответствие стандартам. Анализ технологических заключается в определении необходимых видов обработки и характеристики заготовки. Затем необходимо выбрать категорию оборудования в соответствии с выполняемыми операциями. Выбор модели определяется требуемыми параметрами мощности двигателя, скорости вращения шпинделя, рабочим ходом, размером рабочей зоны, точностью позиционирования, наличием системы числового программного управления, совместимостью с системами CAD/CAM, возможностью интеграции в гибкую автоматизированную систему, производительностью. Кроме технических параметров следует оценить экономические показатели, такие как, стоимость оборудования, срок окупаемости и энергоэффективность. При этом учитывается не только цену станка, но и затраты на обслуживание, оснастку, обучение персонала. Модели станков определяются на основании рекомендаций, изложенных в [14], [24].

Станочные приспособления подбираются с учетом технологических задач, типа оборудования и требований к точности. В первую очередь на выбор влияет тип обработки, форма и габариты заготовки, материал заготовки, требуемая точность базирования. В среднесерийном типе производства рекомендуется использовать универсальные приспособления и модульные системы для гибкой перенастройки. При выборе приспособлений следует учитывать точность позиционирования, усилие зажима, совместимость со станком, требуемый уровень автоматизации, соответствие теоретической схеме базирования. В ходе экономической оценки приспособлений следует учесть, что универсальные приспособления дешевле, но менее эффективны для сложных задач, а специальные требуют индивидуального проектирования и имеют высокие затраты на изготовление.

Группа и тип приспособлений определяются по методикам, приведенным в [6], [14].

«Режущий инструмент выбирается на основе критериев соответствия схемы выполнения переходов, износостойкости материала, обеспечения параметров шероховатости и точности поверхности» [16]. Исходя из этого, выбираются тип инструмента, материал режущей части, геометрия, инструментальные покрытия, тип хвостовиков и метки для автоматической идентификации. Экономическая оценка производится путем оценки стоимости инструмента и оптимизации его расхода. Типоразмеры и наименования инструментов регламентируются данными [9], [14].

Средства контроля определяются характеристиками контролируемых поверхностей, типом производства, видом контроля (входной, операционный, приемочный), уровнем автоматизации и типом выходных данных. Критериями выбора являются типы контролируемых параметров, требуемый тип средств контроля, точность, производительность, степень автоматизации, соответствие стандартам. Экономическая оценка должна учитывать стоимость оборудования, затраты на обслуживание и окупаемость. Типы и модели контрольных устройств выбираются согласно рекомендациям [14].

Сводные данные по выбору основных средств оснащения для технологического процесса изготовления вала представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Средства технологического оснащения

Операция	Инструмент	Оборудование	Приспособление	Средства контроля
005 Токарная	резец проходной, SANDVIK TNMG-220408 PR 4225; резец расточной, SANDVIK CNMG 12 04 08-WL 4215 CNMG 432-WL	Gildemeister NEF 600	патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80, люнет гидравлический ГОСТ 21190-75	калибр-пробка ГОСТ 2015-84, калибр-скоба ГОСТ 2216-84, Шаблон ГОСТ 2485-81

Продолжение таблицы 7

Операция	Инструмент	Оборудование	Приспособление	Средства контроля
010 Токарная	резец проходной SANDVIK TNMG-220408 PR 4225; резец расточной SANDVIK CNMG 12 04 08-WL 4215 CNMG 432-WL	Gildemeister NEF 600	оправка специальная	калибр-пробка ГОСТ 2015-84, калибр-скоба ГОСТ 2216-84, Шаблон ГОСТ 2485-81
015 Токарная	резец проходной, пластина режущая SANDVIK TNMG-220408 PR 4225; резец расточной, пластина режущая SANDVIK CNMG 12 04 08-WL 4215 CNMG 432-WL	Gildemeister NEF 600	патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80, люнет гидравлический ГОСТ 21190-75	калибр-пробка ГОСТ 2015-84, калибр-скоба ГОСТ 2216-84, шаблон ГОСТ 2485-81
020 Токарная	резец проходной, пластина режущая SANDVIK TNMG-220408 PR 4225; резец расточной, пластина режущая SANDVIK CNMG 12 04 08-WL 4215 CNMG 432-WL	Gildemeister NEF 600	оправка специальная	калибр-пробка ГОСТ 2015-84, калибр-скоба ГОСТ 2216-84, шаблон ГОСТ 2485-81
025 Круглошлифовальная	круг шлифовальный 3 600x80x305 91A F60 M 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	HOL-MONTA UB 25 CNC	оправка специальная, люнет гидравлический ГОСТ 21190-75	калибр-скоба ГОСТ 2216-84, шаблон ГОСТ 2485-81
030 Фрезерная	фреза шпоночная $\varnothing 10$ P10F5K5 ГОСТ 16225-81, фреза концевая $\varnothing 30$ P10F5K5 ГОСТ 16225-81, фреза дисковая $\varnothing 200$ P10F5K5 ГОСТ 16225-81, сверла спиральные $\varnothing 16/\varnothing 10$; $\varnothing 13/\varnothing 8$ P10F5K5 ГОСТ 10903-77	6Д81Ш	головка УДГ-200 ГОСТ 8615-89	калибр-скоба ГОСТ 2216-84, шаблон ГОСТ 2485-81

Продолжение таблицы 7

040 Внутришлифовальная	круг шлифовальный 5 50x50x15 91A F60 М 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781- 2007	3М227ВФ2	патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80, люнет гидравлический ГОСТ 21190-75	приспособлен ие с индикатором, калибр-скоба ГОСТ 2216- 84, шаблон ГОСТ 2485-81
045 Круглошлифовальная	круг шлифовальный 3 600x80x305 91A F60 М 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	HOL-MONTA UB 25 CNC	оправка специальная, люнет гидравлический ГОСТ 21190-75	калибр-скоба ГОСТ 2216- 84, шаблон ГОСТ 2485-81
050 Внутришлифовальная	круг шлифовальный 5 50x50x15 91A F60 М 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781- 2007	3М227ВФ2	патрон 3-х кулачковый, ГОСТ 2675-80, люнет гидравлический ГОСТ 21190-75	приспособлен ие с индикатором, калибр-скоба ГОСТ 2216- 84, шаблон ГОСТ 2485-81
055 Круглошлифовальная	круг шлифовальный 3 600x80x305 91A F60 М 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	HOL-MONTA UB 25 CNC	оправка специальная, люнет гидравлический ГОСТ 21190-75	калибр-скоба ГОСТ 2216- 84, шаблон ГОСТ 2485-81
060 Шлифовальная	Круг шлифовальный 5 500x40x35 91A F60 М 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	ХШ-140МФ2	оправка специальная, люнет гидравлический ГОСТ 21190-75	шаблон ГОСТ 2485-81
065 Резьбошлифовальная	круг шлифовальный 3 450x40x205 91A F46 L 9 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	ОШ-633-Ф2	оправка специальная, люнет гидравлический ГОСТ 21190-75	приспособлен ие с индикатором, шаблон ГОСТ 2485-81
070 Прорезная	фреза дисковая ø200 P10Ф5К5 ГОСТ 16225-81	6Д81Ш	головка УДГ-200 ГОСТ 8615-89, люнет гидравлический ГОСТ 21190-75	шаблон ГОСТ 2485-81

Результаты выбора средств технологического оснащения отражаются в приложении А «Технологическая документация».

Оптимальный выбор средств технологического оснащения достигается через синтез технических, экономических и организационных факторов. Это позволяет не только обеспечить требуемое качество продукции, но и повысить конкурентоспособность предприятия за счет снижения издержек и внедрения инноваций. Для реализации успешного технологического процесса важно адаптировать оснащение к изменяющимся производственным условиям и рыночным требованиям.

2.4 Проектирование операций технологического процесса

Расчет режимов резания на операциях механической обработки является важным этапом в подготовке производства. Он позволяет оптимизировать параметры обработки, увеличить производительность, улучшить качество обрабатываемых деталей и продлить срок службы инструмента. «Режимы резания определим по методике» [9], так как при выборе металлорежущего инструмента было отдано предпочтение инструменту данной фирмы.

Нормирование проведем по методике [5].

«Длина рабочего хода инструмента:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (12)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

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

l_2 – длина перебега, мм» [5].

«Основное время на обработку:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (13)$$

где S – подача, мм/об» [5].

«Штучное время на выполнение операции:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{пер}, \quad (14)$$

где T_v – вспомогательное время, мин;

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

$T_{пер}$ – время на регламентируемые перерывы в работе, мин» [5].

«Штучно-калькуляционное время на выполнение операции:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \quad (15)$$

где $T_{п.з.}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

n – количество заготовок в партии запуска, шт.» [5].

«Результаты определения режимов резания и нормирования технологических операций представим в виде таблицы 8» [16].

«Полученные данные используются для заполнения маршрутной карты и операционных карт, приведенных в приложении А «Технологическая документация»» [16].

Дальнейший анализ режимов резания поможет оптимизировать производственные процессы и добиться повышения качества обработки.

Таблица 8 – Режимы резания и нормирование

Номер операции	Переход	Глубина, мм	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин
005	1	2,0	0,60	230	500	0,963
	2	2,0	0,60	210	400	
010	1	2,0	0,60	205	500	3,157
	2	2,0	0,60	200	500	
015	1	0,40	0,30	260	630	1,556
	2	0,30	0,30	270	800	
020	1	0,40	0,30	265	630	3,889
	2	0,30	0,30	260	800	

Продолжение таблицы 8

Номер операции	Переход	Глубина, мм	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин
025	1	0,30	0,010	35	65	1,010
	2	0,30	0,008	35	85	
030	1	4·3	0,32	35	800	13,106
	2	6,5·3	0,28	35	800	
	3	5·3	0,09	56	530	
	4	32,5·3	0,06	26,5	120	
	5	14,5	0,05	25,1	800	
040	1	0,30	0,010	35	165	1,191
	2	0,60	0,010	35	165	
045	1	0,10	0,010	35	65	0,822
	2	0,10	0,010	35	85	
050	1	0,06	0,008	35	165	0,885
055	1	0,10	0,010	35	65	0,640
	2	0,06	0,008	35	85	
060	1	0,50	0,004	30	350	0,778
065	1	0,15	-	0,95	4	0,746
070	1	6,5	0,06	26,5	120	2,947

«Проектирование технологических операций позволило обеспечить рациональную концентрацию операций, адаптацию режимов резания к свойствам материала и возможностям оборудования, установление временных норм» [16].

Результатом выполнения данного раздела стала разработка технологического процесса изготовления детали выполненная на основе системного подхода, интегрирующего технические, технологические и экономические показатели. Разработанная технология обеспечивает изготовление детали с соблюдением требований к точности, надежности и ресурсу. Комплексный подход, включающий выбор современного оборудования, расчет режимов и многоуровневый контроль, позволил создать конкурентоспособный производственный процесс, адаптированный к масштабированию и модернизации. Результаты проектирования могут быть применены для аналогичных деталей, что подтверждает универсальность предложенных решений.

3 Разработка технологической оснастки и режущего инструмента

3.1 Разработка станочного приспособления

Проектирование кулачковой оправки для токарной обработки цанги обусловлено необходимостью обеспечения точности, безопасности и эффективности процесса. Цанга, как высокоточный зажимной элемент, требует строгого соблюдения геометрических параметров, поскольку даже незначительные отклонения могут привести к нарушению соосности, биениям или неравномерному распределению усилия при зажиме заготовки. Без специализированной оправки достичь требуемой точности обработки сложно: стандартные приспособления не всегда учитывают особенности конструкции цанги, такие как внутренние канавки, конусы или специфические размеры, что увеличивает риск деформации или неточного позиционирования детали.

Кулачковая оправка обеспечивает жесткую фиксацию цанги, минимизируя вибрации и смещения во время вращения на высоких скоростях. Это особенно важно при работе с твердыми материалами, где даже малейшая неустойчивость приводит к браку или повреждению инструмента.

Индивидуально спроектированная оправка сокращает время на переналадку станка, упрощает производство и повышает повторяемость операций, снижая процент брака. В случае нестандартных цанг, например, с асимметричными элементами или малыми диаметрами, универсальные решения становятся неприменимыми, и проектирование специализированной оснастки становится единственным способом выполнить техзадание. Таким образом, кулачковая оправка не только гарантирует качество изделия, но и оптимизирует производственные затраты, делая процесс обработки технологически и экономически обоснованным.

Расчет будем выполнять по методике [12].

«Составляющие P_z , P_y силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{z,y} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (16)$$

где C_p – константа;

x, y, z – значения показателей степени для определенных условий при механической обработке» [12].

Проводим расчеты.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,35} \cdot 200^{-0,15} \cdot 1,1 = 1567,20 \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,35} \cdot 200^{-0,15} \cdot 0,79 = 911,68 \text{ Н.}$$

«Крутящий момент от касательно направленной составляющей силы резания:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2}, \quad (17)$$

где d_1 – диаметр обработки, мм» [12].

«Провороту заготовки будет препятствовать момент зажимной силы:

$$M_3 = 0,70 \cdot 0,44 \cdot 0,51 \cdot W_{(z)} \cdot f \cdot d_2, \quad (18)$$

где $W_{(z)}$ – зажимная сила, Н;

f – коэффициент трения» [12].

«Зажимная сила определяется из выражений:

$$W_{(z1)} = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}, \quad (19)$$

$$W_{(z2)} = \frac{K \cdot P_y \cdot d_1}{f \cdot d_2}, \quad (20)$$

где K – значение коэффициента запаса» [12].

Проводим расчеты.

$$W_{(z1)} = \frac{1,8 \cdot 1567,20 \cdot 174,4}{0,4 \cdot 78,5} = 15668,10 \text{ Н.}$$

$$W_{(z2)} = \frac{2,52 \cdot 911,68 \cdot 174,4}{0,4 \cdot 78,5} = 12270,27 \text{ Н.}$$

«Величина зажимного усилия на постоянных кулачках определяется по формуле:

$$W_{(1)} = \frac{W_{(z)}}{1 - \left(\frac{5 \cdot l_K}{H_K}\right)} \cdot f, \quad (21)$$

где l_K – значение вылета кулачков, мм;

H_K – значение общей длины направляющей, мм» [12].

$$W_{(1)} = \frac{15668,10}{1 - \left(\frac{5 \cdot 67}{78}\right) \cdot 0,05} = 19216 \text{ Н.}$$

«Рассчитаем усилие, которое должен создавать силовой привод:

$$Q = \frac{W_{(1)}}{i_c}, \quad (22)$$

где i_c – передаточное отношение» [12].

$$Q = \frac{19215,59}{6} = 3202,60 \text{ Н.}$$

«Определим диаметр поршня пневмоцилиндра:

$$D_{\Pi} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{0,4}}. \quad (23)» [12]$$

$$D_{\Pi} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{3202,60}{0,4}} = 101,11 \text{ мм.}$$

«Точность приспособления определяется по расчетной схеме, представленной на рисунке 2» [12].

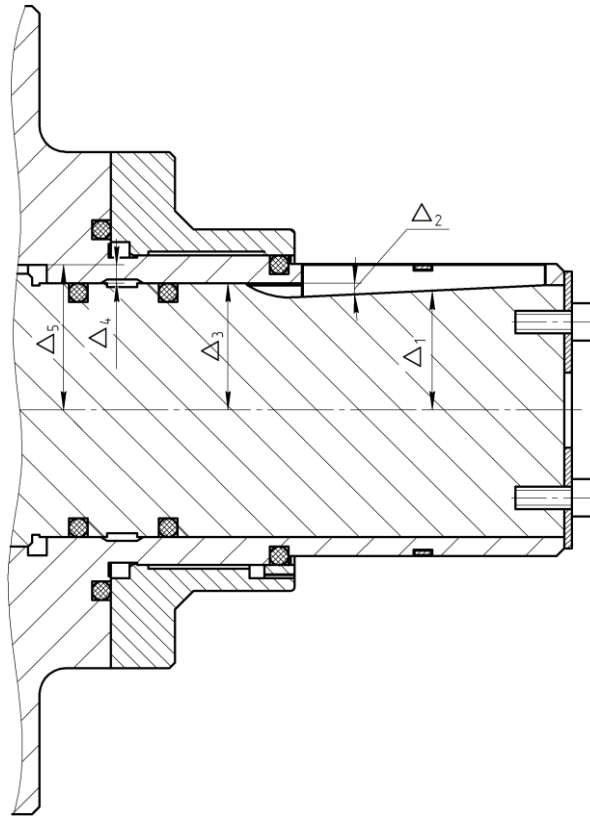


Рисунок 2 – Схема погрешностей оправки

«Определение погрешности производится по формуле:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (24)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления размера A_1 , мм;

Δ_2 – колебание зазора в сопряжении A_2 , мм;

Δ_3 – погрешность изготовления размера A_3 , мм;

Δ_4 – колебание зазора в сопряжении A_4 , мм;

Δ_5 – колебание зазора в сопряжении A_5 , мм» [12].

«Допустимая погрешность установки рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_y = 0,3 \cdot Td, \quad (25)$$

где Td – технологический допуск на выполняемый размер, мм» [12].

Проводим расчеты.

$$\varepsilon_y = 0,5 \sqrt{0,018^2 + 0,041^2 + 0,031^2 + 0,015^2 + 0,031^2} = 0,032 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot 15 = 0,045 \text{ мм.}$$

«Точность приспособления считается достаточной, если расчетное значение погрешности меньше допустимого. Условие выполнено» [12].

Кулачковая оправка с пневматическим зажимным механизмом представляет собой комплексное устройство, предназначенное для фиксации цанги на токарном станке с целью её точной обработки. Основу конструкции составляет прочный корпус, который крепится к шпинделю станка и служит базой для размещения подвижных элементов. Внутри корпуса радиально расположены зажимные кулачки с профилем, соответствующим форме цанги. Эти кулачки механически связаны с пневматическим приводом, включающим цилиндр, шток и систему подачи сжатого воздуха. Между кулачками и обрабатываемой деталью устанавливается разрезная втулка, которая деформируется при зажиме, плотно обхватывая заготовку. Возвратные пружины, интегрированные в конструкцию, обеспечивают разжатие кулачков при снятии давления, а управление процессом осуществляется через клапаны и датчики, регулирующие подачу воздуха. Подробно конструкция приспособления представлена на чертеже графической части работы и в спецификации (приложение Б «Спецификации»).

Принцип работы основан на преобразовании энергии сжатого воздуха в механическое усилие. При активации пневмосистемы воздух поступает в цилиндр, перемещая шток, который через толкатель и конический механизм

синхронно сдвигает кулачки к центру. Это движение вызывает движение кулачков, которые зажимают заготовку с равномерным распределением усилия, исключая деформацию. Во время обработки оправка и деталь вращаются вместе, а жесткость фиксации предотвращает вибрации и биения, обеспечивая высокую точность точения, растачивания или нарезки резьбы. После завершения операции давление в системе сбрасывается, и пружины возвращают кулачки в исходное положение, освобождая деталь.

Пневмомеханизм обеспечивает быстроту зажима-разжима, что критично в серийном производстве, а автоматизация процесса минимизирует влияние человеческого фактора. Стабильность давления воздуха гарантирует повторяемость усилия закрепления, снижая риск брака, особенно при работе с тонкостенными или хрупкими деталями. Безопасность системы повышается за счет аварийного разжима при отключении воздуха, а управление через кнопку или педаль упрощает взаимодействие оператора со станком. Таким образом, устройство сочетает технологичность, надежность и эргономику, делая его незаменимым для задач, требующих высокой точности и производительности.

3.2 Разработка токарного резца

Проектирование токарного расточного резца с рычажным креплением режущей пластины необходимо для решения комплекса задач, связанных с повышением точности, надежности и экономической эффективности обработки. Рычажный механизм, в отличие от традиционных винтовых или клиновых зажимов, обеспечивает равномерное распределение усилия фиксации, что минимизирует деформацию режущей пластины и сохраняет её геометрию. Это особенно критично при растачивании отверстий, где даже незначительные отклонения в положении пластины приводят к биениям, вибрациям и нарушению размеров детали. Кроме того, рычажная система демонстрирует повышенную устойчивость к динамическим нагрузкам и

тепловым деформациям, возникающим в процессе резания, что исключает самопроизвольное ослабление крепления и повышает стабильность работы инструмента.

Конструкция с рычажным зажимом упрощает и ускоряет замену режущих пластин, сокращая время простоя оборудования. В условиях серийного производства это напрямую влияет на производительность, позволяя оператору быстро перенастраивать инструмент под разные задачи. Механизм также снижает риск человеческих ошибок: для замены пластины не требуются дополнительные инструменты, что минимизирует вероятность повреждения кромки или неправильной установки. Это повышает безопасность оператора и снижает процент брака.

Экономическая целесообразность такого решения обусловлена увеличением срока службы режущих пластин. Равномерное распределение нагрузки и отсутствие перетяжки уменьшают износ, а стабильность крепления предотвращает сколы и преждевременный выход пластины из строя. Это сокращает затраты на расходные материалы и снижает себестоимость продукции. Кроме того, уменьшение вибраций положительно сказывается на энергопотреблении станка и его общем ресурсе, что важно для долгосрочной эксплуатации оборудования.

Таким образом, проектирование подобного резца отвечает требованиям современных высокотехнологичных производств, где ключевыми факторами являются скорость, точность и рентабельность.

Проектирование резца выполняем с использованием методики» [19].

«Параметры державки резца рассчитываются по площади сечения стружки:

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

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [19].

$$F = 0,4 \cdot 0,6 = 0,24 \text{ мм}^2.$$

«Следовательно, резец должен иметь державку круглого сечения диаметром 30 мм» [19].

«Минимально допустимый диаметр винта, поджимающего рычаг:

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

где Q_1 – усилие от сил резания при обработке, Н;

σ_d – максимально допустимое напряжение, МПа» [19].

«Усилие от сил резания при обработке:

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

где P_{Zmax} – максимальное значение силы резания, Н» [19].

$$Q_1 = \frac{2957,6}{0,7} = 2070,31 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2070,31}{\pi \cdot 880}} = 3 \text{ мм.}$$

Конструкция резца подробно представлена на листе графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам».

В данном разделе было проведено проектирование кулачковой оправки и резца для токарной операции, что представляет собой взаимосвязанный процесс, направленный на достижение высокой точности, надежности и экономической эффективности обработки. Кулачковая оправка, обеспечивая жесткую фиксацию цанги, минимизирует биения и вибрации, что критично для соблюдения геометрических параметров детали. Её конструкция, адаптированная под специфику цанги, гарантирует равномерное распределение усилия зажима, предотвращает деформации и повышает безопасность работы на высоких скоростях вращения.

Расточной резец с рычажным креплением режущей пластины дополняет систему, обеспечивая стабильность резания и точное позиционирование инструмента. Рычажный механизм не только упрощает замену пластин, сокращая время переналадки, но и исключает перекосы, сохраняя геометрию кромки и продлевая срок её службы. Это особенно важно при обработке сложных поверхностей, глубоких отверстий или хрупких материалов, где малейшая погрешность приводит к браку.

Совместное использование этих элементов на токарной операции создает технологическую синергию: оправка гарантирует надежность крепления заготовки, а резец точность её обработки. Такое сочетание снижает энергозатраты, уменьшает износ оборудования и расход материалов, повышая рентабельность производства. Кроме того, автоматизация процессов зажима и смены инструмента минимизирует влияние человеческого фактора, обеспечивая повторяемость результатов в серийном выпуске.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В работе рассматривается технология изготовления цанги. Материал детали легированная сталь 65Г для повышенной прочности и износостойкости. Максимальная шероховатость ответственных поверхностей до 0,8 мкм, наиболее точные допуски 7 квалитет. Способ получения заготовки штамповка. Техпроцесс состоит из черновых, получистовых и чистовых технологических этапов.

Черновая механическая обработка включает токарные операции, выполняемые на токарно-винторезном Gildemeister NEF 600 станке с применением, оправки и резцов.

Получистовая обработка включает токарные и фрезерные операции, выполняемые на токарно-винторезных станках Gildemeister NEF 600, вертикально-фрезерном станке 6Д81Ш, с применением оправки, делительной головки, резцов и фрез.

Чистовая обработка включает шлифовальные операции, выполняемые на круглошлифовальных станках 3М227ВФ2, HOL-MONTA UB 25 CNC с применением оправок и шлифовальных кругов.

В технологическом процессе участвуют фрезеровщики, шлифовщики и операторы станков с числовым программным управлением.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«Проведем идентификацию профессиональных рисков для фрезеровщиков, шлифовщиков и операторов станков с числовым программным управлением в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.003-2015» [3].

Основные риски фрезеровщика. Механические травмы: контакт с вращающимися фрезами, зажимными устройствами или движущимися частями станка; попадание рук в зону резания; разлет стружки и осколков материала. Физические факторы: шум от работы станка (превышение 85 дБ), приводящий к снижению слуха; вибрация при обработке твердых материалов (риск развития вибрационной болезни). Химические воздействия: вдыхание аэрозолей смазочно-охлаждающих жидкостей и металлической пыли; контакт кожи с смазочно-охлаждающей жидкостью. Эргономические риски: статическая нагрузка при длительном стоянии; подъем тяжелых заготовок (риск травм спины). Пожароопасность возгорания стружки или смазочно-охлаждающих жидкостей при перегреве инструмента.

Основные риски шлифовщика. Механические травмы: разрыв абразивного круга из-за перегрузок или дефектов; попадание частиц абразива или обрабатываемого материала в глаза; пылевое воздействие вызванное вдыханием мелкодисперсной металлической и абразивной пыли. Физические факторы: воздействие высокого уровня шума и вибрации; ожоги от искр или нагретых поверхностей. Эргономические риски: длительное пребывание в неудобной позе; монотонные движения.

Основные риски оператора станков с числовым программным управлением. Механические травмы: непреднамеренный запуск программы при наладке или очистке станка; защемление пальцев при работе автоматизированных зажимов. Электрические риски, связанные с поражением током при неисправности оборудования или нарушении изоляции. Психоэмоциональные нагрузки: стресс из-за высокой ответственности за дорогостоящее оборудование; монотонность наблюдения за процессом (риск снижения концентрации). Эргономические риски: напряжение зрения при работе с мониторами станков с числовым программным управлением; статическая поза при программировании станка. Химические воздействия от контакта со смазочно-охлаждающими жидкостями и антикоррозийными составами.

Идентификация рисков должна регулярно актуализироваться с учетом специфики производства и изменений в технологиях.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Рассмотрим методы и средства снижения профессиональных рисков для фрезеровщиков, шлифовщиков и операторов станков с числовым программным управлением [3].

Ранее было выяснено, для фрезеровщика основными рисками являются: механические травмы, шум, вибрация, химические воздействия, эргономические нагрузки, пожароопасность.

В качестве технических мер необходимо использовать:

- установку защитных кожухов на вращающиеся части станка;
- использование систем пылеудаления и вентиляции для удаления металлической пыли и аэрозолей СОЖ;
- применение станков с автоматической подачей заготовок для минимизации контакта с зоной резания;
- виброизоляцию оборудования для снижения передачи вибрации.

В качестве средств индивидуальной защиты необходимо использовать:

- противошумные наушники;
- защитные очки или щитки с противоударными стеклами;
- респираторы класса для фильтрации мелкодисперсной пыли;
- антивибрационные перчатки.

В качестве организационных мер необходимо использовать:

- регулярный инструктаж по технике безопасности;
- внедрение графика работы с перерывами для снижения статической нагрузки;
- запрет на работу без средств индивидуальной защиты.

Противопожарные меры:

- установка датчиков дыма и огнетушителей рядом с рабочими

зонами;

- регулярная уборка стружки и отходов.

Для шлифовщиков основные риски: разрыв абразивных кругов, пылевое воздействие, шум, термические риски, эргономические нагрузки.

В качестве технических мер необходимо использовать:

- использование кругов с маркировкой по гост, проверка на трещины перед установкой;
- монтаж защитных экранов от разлетающихся частиц;
- применение станков с водяным охлаждением для снижения температуры и пылеобразования;
- установка локальных вытяжных систем (например, зонтов над шлифовальными станками).

В качестве средств индивидуальной защиты необходимо использовать:

- противопылевые респираторы с фильтрами;
- очки с боковой защитой или маски с принудительной подачей воздуха;
- огнестойкая спецодежда для защиты от искр.

Для профилактики вибрации необходимо использовать:

- использование инструментов с антивибрационными рукоятками;
- внедрение перерывов каждые 30 – 40 минут работы.

В качестве организационных мер необходимо использовать:

- ограничение времени непрерывной работы с вибрирующим инструментом;
- регулярная замена абразивных кругов по графику.

Для операторов станков с ЧПУ основные риски: механические травмы, электрические риски, психоэмоциональные нагрузки, эргономические проблемы.

В качестве технических мер необходимо использовать:

- блокировку доступа в рабочую зону при включенном станке

(световые барьеры, датчики движения);

- аварийные кнопки остановки в зоне доступа оператора;
- автоматизацию загрузки деталей.

В качестве организационных мер необходимо использовать:

- обучение работе с программным обеспечением и алгоритмам действий при сбоях;
- внедрение системы «двух ключей» для запуска критических операций;
- регламентированные перерывы для снижения зрительного напряжения.

Для улучшения эргономики рабочего места необходимо использовать:

- регулируемые кресла с поддержкой спины;
- мониторы с антибликовым покрытием и регулируемой яркостью;
- организация зоны программирования с комфортным освещением.

Для снижения психоэмоциональных перегрузок необходимо использовать:

- ротацию задач для предотвращения монотонности;
- тренинги по управлению стрессом.

Общие меры для всех категорий:

- ежегодные курсы по охране труда;
- тренажеры для отработки действий в аварийных ситуациях;
- периодические медосмотры;
- вакцинация от инфекций при работе в запыленных условиях.

Комплексный подход, сочетающий технические, организационные и индивидуальные меры, позволяет минимизировать риски. Ключевыми элементами являются использование средств индивидуальной защиты, обучение персонала и регулярный контроль условий труда.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Потенциальными источниками возгорания в ходе выполнения технологического процесса являются: искры при мехобработке, смазочно-охлаждающие жидкости, горючие масла и эмульсии, накопление металлической стружки и пыли, создающей пожароопасную среду, короткие замыкания, перегрев проводки.

Технические меры обеспечения пожарной безопасности [3]:

- замена масляных СОЖ на водорастворимые эмульсии;
- установка вытяжных зонтов над станками;
- регулярная очистка воздухопроводов от стружки и пыли;
- установка искрогасителей на шлифовальных и фрезерных станках;
- термоизоляция печей для термической обработки;
- заземление оборудования;
- использование взрывозащищенных электроустановок в зонах с горючими материалами.

Организационные меры обеспечения пожарной безопасности:

- ежесменная уборка стружки и отходов;
- запрет на скопление горючих материалов в радиусе 5 м от рабочих зон;
- регулярная проверка работы печей и индукционных установок;
- ограничение времени непрерывной работы оборудования;
- хранение горючих материалов, СОЖ и масел в металлических шкафах с поддонами в отдельных помещениях для хранения с вытяжной вентиляцией;
- разработка плана эвакуации с четкими маршрутами к выходам, обозначенные светящимися указателями;
- регулярные тренировки по эвакуации (не реже 2 раз в год).

Средства обнаружения и тушения пожаров:

- датчики дыма и тепловые извещатели в цеху;
- системы пожаротушения спринклерные или газовые;
- огнетушители порошковые и углекислотные;
- пожарные щиты с песком, лопатами и кошмой.

Обучение персонала:

- проведение вводного, первичного, повторного инструктажей;
- проведение тренингов по использованию огнетушителей и действий при пожаре;
- отработка остановки станков и отключения электроэнергии в аварийной ситуации.

Регулярный аудит и контроль:

- ежемесячный осмотр состояния огнетушителей и датчиков;
- контроль исправности вентиляции и заземления;
- ведение журнала учета пожароопасных работ;
- составление актов проверки противопожарного состояния цеха.

Комплексный подход к пожарной безопасности включает замену горючих материалов на безопасные аналоги, автоматизацию контроля и тушения возгораний, обучение персонала и соблюдение нормативных требований, регулярное техническое обслуживание оборудования и уборку рабочих зон. Это минимизирует риски и обеспечит безопасность технологического процесса.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Источниками негативного воздействия на окружающую среду в ходе выполнения технологического процесса изготовления вала являются» [3]:

- «металлическая стружка и пыль от обработки;
- отработанные смазочно-охлаждающие жидкости, масла, эмульсии;
- абразивные отходы;

- аэрозоли пыли;
- шум и вибрация;
- высокое энергопотребление оборудования» [3].

«С целью снижения экологического воздействия предлагается принять следующие меры» [3]:

- «прессование стружки в брикеты для повторного использования в металлургии» [3];
- «сортировка отходов по типу металла» [3];
- использование замкнутых систем рециркуляции СОЖ с фильтрацией;
- замена масляных СОЖ на биоразлагаемые эмульсии;
- передача специализированным организациям на утилизацию абразивов и шлаков.

Так же предлагается применить системы очистки воздуха в виде фильтров (циклонных, электростатических) на вытяжках станков.

С целью повышения энергоэффективности предлагается внедрить энергосберегающих технологий. В частности, использовать частотные преобразователи для регулировки мощности двигателей и произвести замену устаревшего оборудования на станки с классом энергоэффективности А+.

Шумоподавление предлагается осуществлять путем установки акустических кожухов на шлифовальных и фрезерных станках и виброизоляционных опор для снижения передачи шума.

Предложенные меры снижают нагрузку на окружающую среду и соответствует принципам устойчивого развития.

В ходе выполнения данного раздела был применен комплексный подход, сочетающий технические инновации, строгое соблюдение нормативов и повышение экологической культуры. Это не только защищает здоровье сотрудников и окружающую среду, но и повышает конкурентоспособность предприятия в условиях ужесточения экологических стандартов.

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.

Решение поставленной задачи основано на данных предыдущих разделов. Обобщенная схема производственного процесса представлена на рисунке 3.

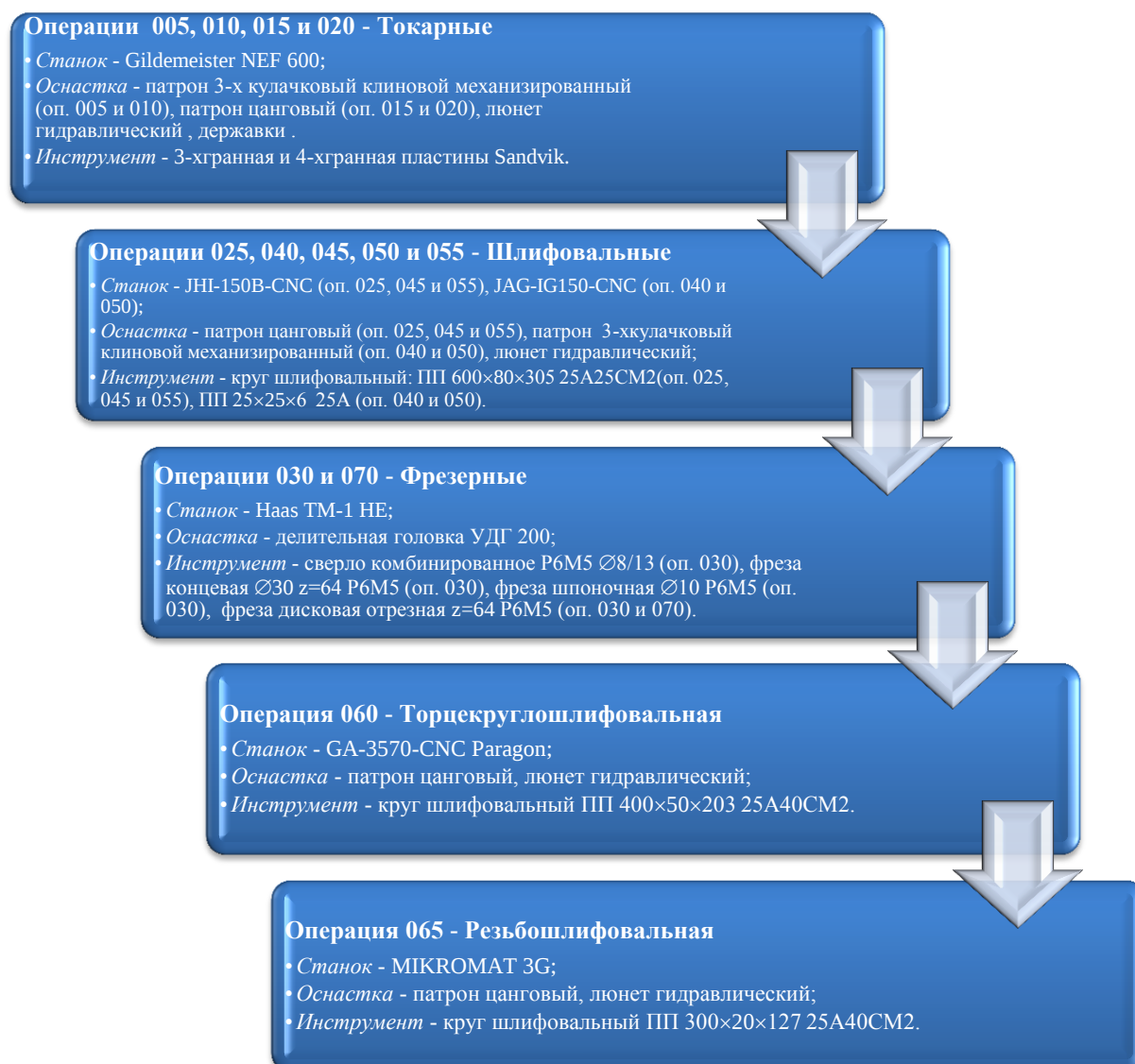


Рисунок 3 – Обобщенная схема процесса производства

Обобщенная схема выделяет операции, наиболее значимые с точки зрения формирования затрат. Количественная оценка этих операций стартует с расчета технологической себестоимости по установленной методике [11]. Величина технологической себестоимости и показатели, ее определяющие, представлены на рисунке 4.

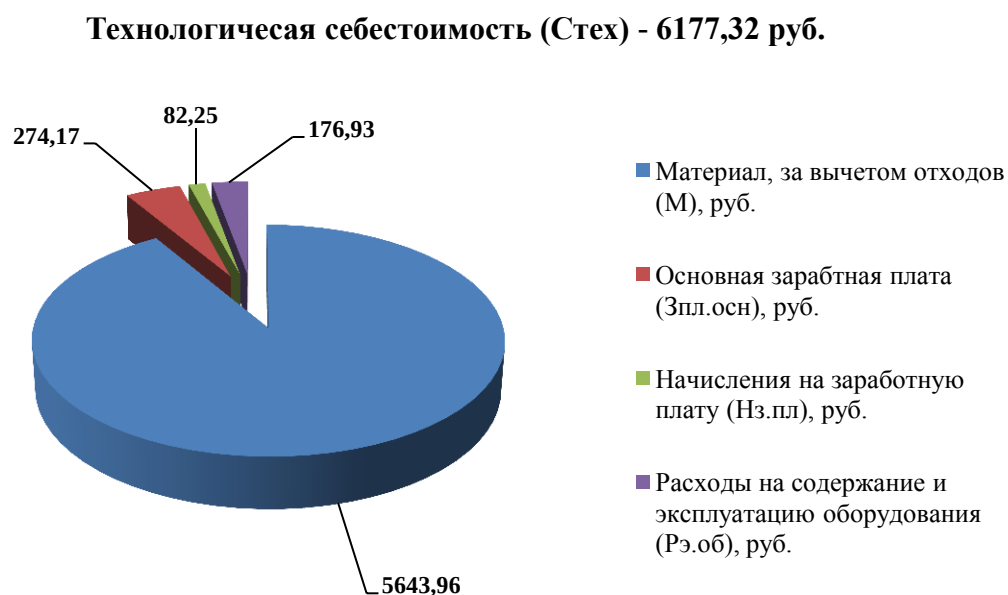


Рисунок 4 – Величина технологической себестоимости, а также, показатели из которых она формируется, руб.

Из рисунка 4 наглядно просматривается зависимость величины технологической себестоимости от расходов на материалы, которые составляют 91,4 % от общего объема. При этом, технологическая себестоимость практически не зависит от величины начислений на заработную плату, доля которых составляет всего 1,3 %.

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» [11]. По причине того, что технологический процесс является новым, масштаб 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 ($K_{П.ОБ}$)» [11]. На рисунке 5 представлены данные экономических показателей и общий объем инвестиций.

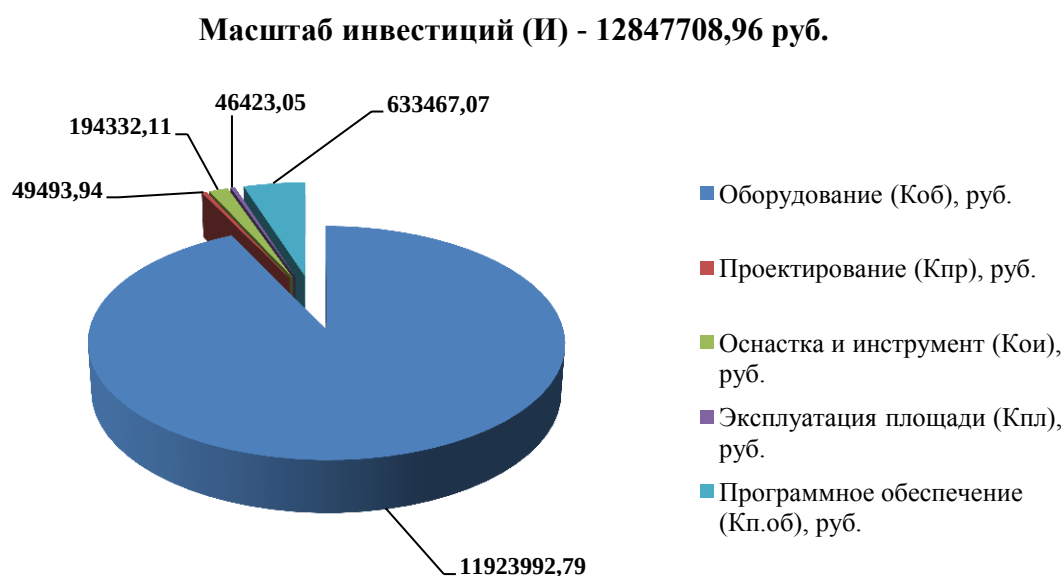


Рисунок 5 – Цифровые данные экономических показателей и общий масштаб инвестиций, руб.

Анализ данных рисунка 5 показывает, что подавляющая часть инвестиций (92,8%) приходится на технологическое оснащение. В то же время, затраты на производственные площади составляют лишь 0,4%, что является незначительной долей общих вложений.

Следующим шагом является расчет количественных значений ключевых экономических показателей: чистой прибыли, срока окупаемости и интегрального экономического эффекта [11]. Расчет выполняется в соответствии с «методикой расчета показателей экономической

эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [11].
Полученные значения данных показателей отражены на рисунке 6.

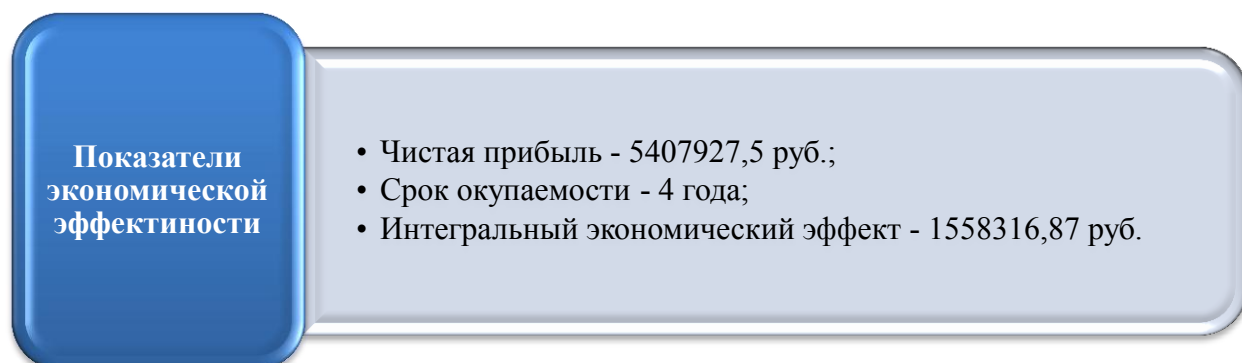


Рисунок 6 – Параметры экономических показателей

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 155831,87 рублей.

В результате выполнения данного раздела выполнены экономические расчёты, которые подтвердили рентабельность предложенного процесса: сокращение времени обработки на 15% и уменьшение затрат на материалы за счёт рационального раскроя заготовок обеспечили снижение себестоимости производства. Внедрение данной технологии на машиностроительных предприятиях позволит повысить производительность труда, сократить процент брака и расширить номенклатуру выпускаемых зажимных устройств.

Заключение

Выпускная квалификационная работа, посвящённая разработке технологического процесса изготовления цанги, позволила достичь поставленной цели создать эффективную и экономически обоснованную методику производства данного зажимного устройства, отвечающую требованиям точности и надёжности.

В ходе выполнения работы были решены ключевые задачи, включая анализ современных подходов к обработке цанг, выбор оптимальных материалов и режимов обработки, проектирование последовательности технологических операций, а также оценку экономической целесообразности предложенных решений.

Разработанный технологический маршрут, включающий токарную обработку, фрезерование пазов, термообработку и финишное шлифование, позволил минимизировать погрешности геометрии и добиться требуемой точности изготовления. Особое внимание было уделено оптимизации режимов резания, что снизило вероятность деформации заготовки и повысило ресурс режущего инструмента.

Экономические расчёты подтвердили рентабельность предложенного процесса: сокращение времени обработки на 15% и уменьшение затрат на материалы за счёт рационального раскроя заготовок обеспечили снижение себестоимости производства. Внедрение данной технологии на машиностроительных предприятиях позволит повысить производительность труда, сократить процент брака и расширить номенклатуру выпускаемых зажимных устройств.

Таким образом, выполненная работа вносит вклад в развитие технологий машиностроения, демонстрируя комплексный подход к решению инженерных задач и подчёркивая важность взаимосвязи технических, экономических и организационных задач производства.

Список используемых источников

1. Бочкова Д. Е. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум : учебное пособие / Д. Е. Бочкова, М. Н. Бобков. – Тула : ТулГУ, 2023. – 198 с. – ISBN 978-5-7679-5333-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/427247> (дата обращения: 15.04.2025).
2. Воробьев А. А. Технология машиностроения : учебное пособие / А. А. Воробьев, А. М. Будюкин, В. Г. Кондратенко. – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022. – 55 с. – ISBN 978-5-7641-1697-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/224507> (дата обращения: 16.04.2025).
3. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб. –метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти.: Изд –во ТГУ, 2021. – 22 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-06-30. – М. : Стандартинформ, 2010. – 36 с.
5. Грубый С. В. Расчет режимов резания для операций механической обработки : методические указания / С. В. Грубый. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 200 с. – ISBN 978-5-9729-0665-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/192451> (дата обращения: 25.04.2025).
6. Евгеньева Е. А. Технологическая оснастка в машиностроении : учебное пособие / Е. А. Евгеньева, С. И. Дмитриев. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 156 с. – ISBN 978-5-9729-1964-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/428525> (дата обращения: 18.04.2025).
7. 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: 11.04.2025).

8. Зубарев Ю. М. Технология автоматизированного машиностроения. Моделирование процесса выбора баз при автоматизированном проектировании технологических процессов / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 100 с. – ISBN 978-5-507-48324-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346475> (дата обращения: 23.04.2025).

9. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 29.04.2025).

10. Ковшов А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 320 с. – ISBN 978-5-8114-0833-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212438> (дата обращения: 23.04.2025).

11. 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).

12. 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: 28.04.2025).

13. Максимов Ю. В. Расчет операционных припусков и определение операционных размеров : учебно-методическое пособие / Ю. В. Максимов, В. Н. Балашов. – Москва : РУТ (МИИТ), 2020. – 32 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL:

<https://e.lanbook.com/book/175818> (дата обращения: 25.04.2025).

14. Справочник технолога : справочник / А. Г. Суслов, В. Ф. Безъязычный, Б. М. Базров [и др.] ; под общей редакцией А. Г.Суслова. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 2023. – 800 с. – ISBN 978-5-907523-51-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387530> (дата обращения: 08.04.2025).

15. Технология автоматизированного машиностроения. Технологическая подготовка, оснастка, наладка и эксплуатация многооперационных станков с ЧПУ : учебник для вузов / А. М. Александров, Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев, В. Г. Юрьев. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 264 с. – ISBN 978-5-8114-7288-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/174961> (дата обращения: 06.04.2025).

16. 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: 03.04.2025).

17. Технология машиностроения. Проектирование технологии изготовления деталей : учебное пособие / В. А. Лебедев, И. В. Давыдова, А. П. Шишкина, Е. Н. Колганова. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 176 с. – ISBN 978-5-9729-1298-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346985> (дата обращения: 17.04.2025).

18. Химический состав и физико–механические свойства стали 65Г [Электронный ресурс]. – URL: <https://areal-metal.ru/spravka/stal-65g?ysclid=maa17u5uae18968187> (дата обращения: 18.03.2025).

19. Шаламов В. Г. Режущий инструмент в машиностроении : учебное пособие / В. Г. Шаламов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 132 с. –

ISBN 978-5-9729-2078-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/428507> (дата обращения: 10.04.2025).

20. Cica D. Predictive modeling of turning operations under different cooling/lubricating conditions for sustainable manufacturing with machine learning techniques. / Cica D., Sredanovic B., Tesic S., Kramar D. // Applied Computing and Informatics. 2020. P. 28 – 36

21. Khalimonenko A.D. Cutting tool for turning large workpieces. / Khalimonenko A.D., Timofeev D.Yu., Golikov T.S. // Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference "Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering – APITECH-2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations; Polytechnical Institute of Siberian Federal University. 2019. P. 44082.

22. Kumar A. Processing techniques to develop metallic materials with superior mechanical properties / Arun Kumar, Pillai U.T.S., Srinivasan A. // Transactions of the Indian Institute of Metals. – 2019. T. 72. № 10. P. 2877 – 2891.

23. Oborskyi G. Study of dynamic impacts at combined operations of the thin turning and boring. / Oborskyi G., Orgiyan A., Tonkonogyi V., Aymen A., Balaniuk A. // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2020. P. 226 – 235.

24. Sahib B.S., Nassrullah K.S. Experimental and numerical investigation of temperature distribution in the cutting zone with different coated tools in orthogonal turning operations. / Sahib B.S., Nassrullah K.S. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 3. Сер. "3rd International Conference on Engineering Sciences" 2020. P. 012 – 016.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

[illegible]

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	Тноз	Тшт
0 17	точить	поб.	7	в размер	$\phi 135,9_{-0,63}$	$\phi 174,4_{-0,63}$	$l=88,4 \pm 0,27$	$l=18,3 \pm 0,16$	расточить поб. 17 в размер $\phi=116,4_{+0,54}$						
Т 18	396110 оправка специальная, 392195 резец контурный TNMG-220408 PR 4225 "SANDVIK", 392195 резец расточной CNMG														
Т 19	12 04 8-WL 4215 CNMG 432-WL "SANDVIK", 393120 калибр-пробка ГОСТ 2015-84, 393120 калибр-скоба ГОСТ 2216-84,														
Т 20	393120 шаблон ГОСТ 2485-81														
21															
А 22	XX	XX	XX	015	4114 Токарная										
Б 23	391148	Токарный			Gildemeister	NEF 600	2	18217	312	1Р	1	1	500	1	1,725
0 24	Подрезать торец 1 в размер $l=288 \pm 0,11$, точить поб. 23, 26, 22 в размер $l=272,4 \pm 0,11$, $\phi=146,3_{-0,16}$, $\phi 173,1_{+0,16}$, расточить														
0 25	поб. 3 в размер $\phi 79,65_{-0,12}$, точить фаску 2 в размер $1 \times 45^\circ$														
Т 26	396111 патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80, 378450 люнет гидравлический ГОСТ 21190-75, 3921195 резец контурный														
Т 27	TNMG-220408 PR 4225 "SANDVIK", 392195 резец расточной CNMG 12 04 18-WL 4215 CNMG 432-WL "SANDVIK", 393120 ка-														
Т 28	либр-пробка ГОСТ 2015-84, 393120 калибр-скоба ГОСТ 2216-84, 393120 шаблон ГОСТ 2485-81														
29															
А 30	XX	XX	XX	020	4114 Токарная										
Б 31	391148	Токарный			Gildemeister	NEF 600	2	18217	312	1Р	1	1	500	1	5,810
0 32	Подрезать торцы 13, 16 в размер $l=288,2 \pm 0,11$, $l=252,6 \pm 0,11$, точить поб. 11, 9, 8, 22 в размер $\phi 128_{-0,16}$, $\phi 135,8_{-0,16}$, $\phi 126_{-0,16}$, $\phi 173_{-0,16}$, то-														
0 33	чить поб. 7 $\phi 135,4_{-0,16}$, $\phi 173_{-0,16}$, $l=87,8 \pm 0,07$, $l=17,68 \pm 0,12$, расточить поб. 17 в размер $\phi 117_{-0,12}$, точить фаски 10, 12, 14, 19 в размер														
0 34	$0,5 \times 45^\circ$, $1,15 \times 30^\circ$, $2 \times 30^\circ$, $5 \times 30^\circ$														
Т 35	396110 оправка специальная, 392195 резец контурный TNMG-220408 PR 4225 "SANDVIK", 392195 резец расточной CNMG														
Т 36	12 04 18-WL 4215 CNMG 432-WL "SANDVIK", 393120 калибр-пробка ГОСТ 2015-84, 393120 калибр-скоба ГОСТ 2216-84,														
37	393120 шаблон ГОСТ 2485-81														
38															
А 39	XX	XX	XX	025	4131 Круглошлифовальная										
МК2															

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	Тшт
Б 40	381311	Круглошлифовальный HOL-MONTA UB 25 CNC			2	18873	312	1Р	1	1	1	500	1	1,503
О 41	Шлифовать пов. 9 в размер $\phi 135,4_{-0,052}^{+0,052}$, шлифовать пов. 7 в размер $\phi 135,16_{-0,063}^{+0,063} / \phi 173_{-0,11}^{+0,11}$, $l_{\text{ш}} 87,4 \pm 0,06$, $l_{\text{ш}} 17,40 \pm 0,05$													
Т 42	366190 оправка специальная, 378450 люнет гидравлический ГОСТ 21190-75, 391810 круг шлифовальный 3 600x80x305													
Т 43	91A F60 M7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007, 393120 калибр-скоба ГОСТ 2216-84, 393120 шаблон ГОСТ 2485-81													
44														
А 45	XX	XX	XX	030	4260 Фрезерная									
Б 46	3816	Фрезерный БД81Ш			2	19632	312	1Р	1	1	1	500	1	14,023
О 47	Сверлить отв. 6,4 в размер $\phi 8 \pm 0,1$, $\phi 13 \pm 0,1$, фрезеровать пов. 25,20 в размер $l_{\text{ш}} 105 \pm 0,15$, $l_{\text{ш}} 43,3 \pm 0,1$, прорезать пов. 24 в													
О 48	размер $l_{\text{ш}} 46,8 \pm 0,15$,													
Т 49	393120 Делительная головка УДГ-200 ГОСТ 8615-89, 391810 фреза шапачная $\phi 10$ Р10Ф5К5 ГОСТ 16225-81, 391812 фре-													
Т 50	за дисковая $\phi 200$ Р10Ф5К5 ГОСТ 16225-81, 391810 фреза концевая $\phi 30$ Р10Ф5К5 ГОСТ 16225-81, 391267 сверла спи-													
Т 51	ральные $\phi 8$ и $\phi 13$ Р10Ф5К5 ГОСТ 10903-77, 393120 калибр-скоба ГОСТ 2216-84, 393120 шаблон ГОСТ 2485-81													
52														
А 53	XX	XX	XX	035	0511 Термообработка									
А 54														
Б 55	XX	XX	XX	040	4132 Внутришлифовальная									
О 56	381312	Внутришлифовальный М227ВФ2			2	18873	312	1Р	1	1	1	500	1	1,868
Т 57	Шлифовать торцы 1 в размер $l_{\text{ш}} 287 \pm 0,02$, шлифовать пов. 3 в размер $\phi 79,9_{-0,05}^{+0,05}$													
Т 58	396111 патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80, 378450 люнет гидравлический ГОСТ 3-2913-75, 391810 круг шлифоваль-													
Т 59	ный 50x50x15, 91A F60 M7 V A CM1 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007, 393120 приспособление специальная, 393120 кали-													
Т 60	бр-скоба ГОСТ 2015-84, 393120 шаблон ГОСТ 2485-81													
61														
А 62	XX	XX	XX	045	4131 Круглошлифовальная									
МКЗ														

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 63	381311	Круглошлифовальный	HOL-MONTA UB 25 CNC	2	18873	312	1Р	1	1	1	1	500	1		1,226		
О 64	Шлифовать пов. 9, $\phi 135,3_{-0,022}^{+0,018}$, шлифовать пов. 7 в размер $\phi 135,06_{-0,018}^{+0,013} / \phi 173_{-0,01}^{+0,015}$, $l_{\phi 87,16} = 87,16 \pm 0,04$, $l_{\phi 17,18} = 17,18 \pm 0,03$																
Т 65	366190 оправка специальная, 378450 люнет гидравлический ГОСТ 21190-75, 391810 круг шлифовальный 3 600x80x305																
Т 66	91A F60 M 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007, 393120 калибр-скоба ГОСТ 2216-84, 393120 шаблон ГОСТ 2485-81																
67																	
А 68	XX	XX	XX	050	4132 Внутршлифовальная												
Б 69	381312	Внутршлифовальный	JAG IG150-CNC	2	18873	312	1Р	1	1	1	1	500	1		1,323		
О 70	Шлифовать пов. 3 в размер $\phi 80_{-0,023}^{+0,013}$																
Т 71	396111 патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80, 378450 люнет гидравлический ГОСТ 21190-75, 391810 круг шлифовальный																
Т 72	5 50x50x15 91A F60 M 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007, 393120 приспособление специальное, 393120 калибр-скоба																
Т 73	ГОСТ 2216-84, 393120 шаблон ГОСТ 2485-81																
74																	
А 75	XX	XX	XX	055	4131 Круглошлифовальная												
Б 76	381311	Круглошлифовальный	HOL-MONTA UB 25 CNC	2	18873	312	1Р	1	1	1	1	500	1		0,954		
О 77	Шлифовать пов. 9 в размер $\phi 135_{-0,083}^{+0,043}$, шлифовать пов. 7 в размер $\phi 135_{-0,023}^{+0,013} / \phi 173_{-0,01}^{+0,015}$, $l_{\phi 87,16} = 87 \pm 0,03$, $l_{\phi 17,18} = 17 \pm 0,03$																
Т 78	366190 оправка специальная, 378450 люнет гидравлический ГОСТ 21190-75, 391810 круг шлифовальный 3 600x80x305																
Т 79	91A F60 M 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007, 393120 калибр-скоба ГОСТ 2216-84, 393120 шаблон ГОСТ 2485-81																
80																	
А 81	XX	XX	XX	060	4131 Шлифовальная			2	18873	312	1Р	1	1	1	500	1	1,160
Б 82	38132 Шлифовальный ХШ-140МФ2																
О 83	Шлифовать торец 16 в размер $l_{\phi 252} = 252 \pm 0,12$																
Т 84	366190 оправка специальная, 391810 круг шлифовальный 3 500x40x35 91A F60 M 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007, 393120																
Т 85	шаблон ГОСТ 2485-81																
МК4																	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

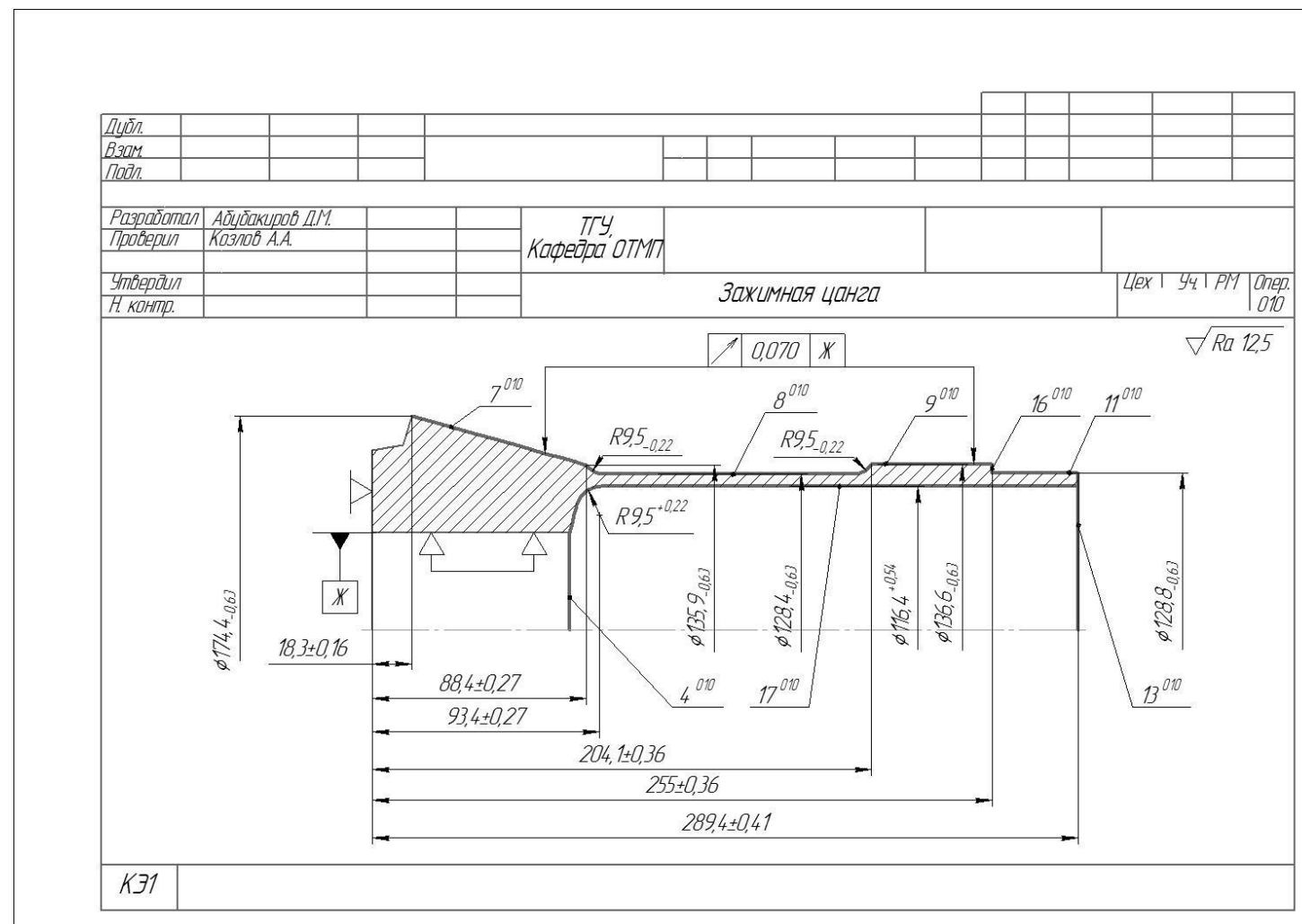
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт
А 86	XX	XX	XX	065	4134 Резьбошлифовальная									
Б 87	38132 Резьбошлифовальный ОШ-633-Ф2				2	18873	312	1Р	1	1	1	500	1	1,262
О 88	Шлифовать резьбу пов. 15 в размер М=125 ⁰¹²													
Т 89	391810 круг шлифовальный 3 450х40х205 91А F46 L9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007, 93120 приспособление													
Т 90	с индикатором ГОСТ 24853-81													
91														
А 92	XX	XX	XX	070	4142 Прорезная									
Б 93	371315 Фрезерный 6Д81Ш				2	18632	312	1Р	1	1	1	500	1	3,414
О 94	Прорезать лепестки цанги пов. 24													
Т 95	36580 Делительная головка УДГ-200 ГОСТ 8615-89, 78450 люнет гидравлический ГОСТ 3-2913-75, 391812 фреза диско-													
Т 96	вая ф200 Р10Ф5К5 ГОСТ 16225-81, 393120 шаблон ГОСТ 2485-81													
97														
А 98	XX	XX	XX	075	0130 Моющая									
99														
А 100	XX	XX	XX	080	0200 Контрольная									
101														
102														
103														
104														
105														
106														
107														
108														
МК5														

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

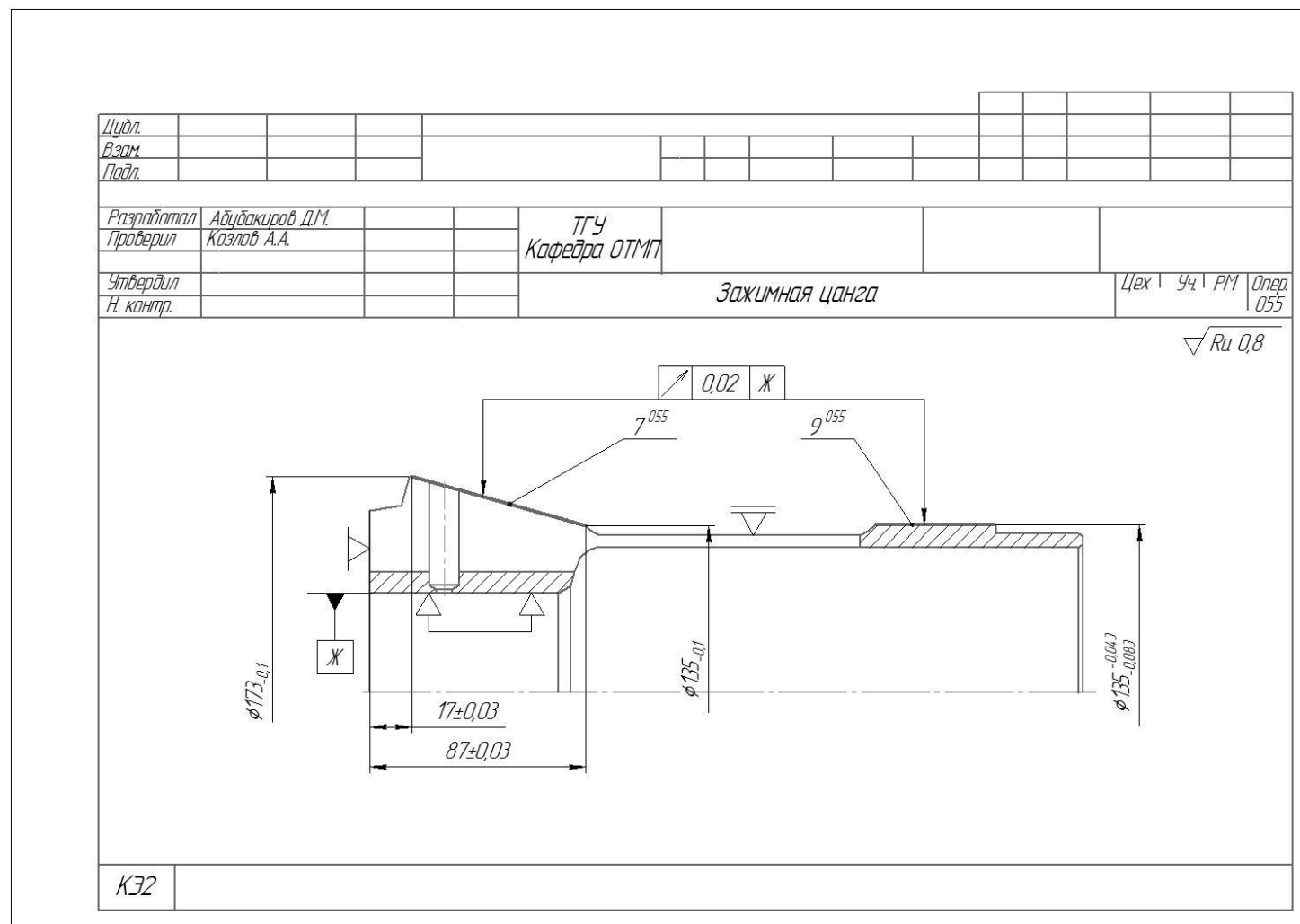
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Спецификации к сборочным чертежам

Перв. измен.		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
A1					25.БР.ОТМП.009.000.СБ	Сборочный чертеж		
						Сборочные единицы		
Б4	1				25.БР.ОТМП.009.065.000.СБ	Масленка 3.1.1. Ц6 ГОСТ 19853-74	1	
						Детали		
Б4	2				25.БР.ОТМП.009.065.002	Кулачок	5	
Б4	3				25.БР.ОТМП.009.065.003	Пружина	1	
Б4	4				25.БР.ОТМП.009.065.004	Опора	1	
Б4	5				25.БР.ОТМП.009.065.005	Корпус оправки	1	
Б4	6				25.БР.ОТМП.009.065.006	Фланец	1	
Б4	7				25.БР.ОТМП.009.065.007	План шайба	1	
Б4	8				25.БР.ОТМП.009.065.008	Шток	1	
Б4	9				25.БР.ОТМП.009.065.009	Хвостовик	1	
Б4	10				25.БР.ОТМП.009.065.010	Втулка	1	
Б4	11				25.БР.ОТМП.009.065.011	Корпус гильзы	1	
Б4	12				25.БР.ОТМП.009.065.012	Заглушка	1	
Б4	13				25.БР.ОТМП.009.065.013	Заглушка	2	
Б4	14				25.БР.ОТМП.009.065.014	Крышка	1	
Б4	15				25.БР.ОТМП.009.065.015	Корпус	1	
Б4	16				25.БР.ОТМП.009.065.016	Сердечник	1	
Б4	17				25.БР.ОТМП.009.065.017	Заглушка	1	
					25.БР.ОТМП.009.065.000			
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата			
Разраб.		Абдукаиров Д.М.						
Проб.		Козлов А.А.						
Н.контр.		Козлов А.А.						
Утв.		Логинов Н.Ю.						
Оправка специальная						Лит.	Лист	Листов
							1	4
						ТГУ ИМ, гр. ТМБ-2101а		
						Формат А4		

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Б4		18	18.БР.ОТМП.205.61.018	Винт М6х50	4		
Б4		19	18.БР.ОТМП.205.61.019	Крышка	1		
Б4		20	18.БР.ОТМП.205.61.020	Вал-шток	1		
Б4		21	18.БР.ОТМП.205.61.021	Фланец	1		
Б4		22	18.БР.ОТМП.205.61.022	Крышка гильзы	1		
Б4		23	18.БР.ОТМП.205.61.023	Поршень	1		
				Стандартные изделия			
		24		Кольцо уплотнительное	2		
				ГОСТ 1933-73			
		25		Кольцо уплотнительное	1		
				ГОСТ 1933-73			
		26		Шпонка 5х5х20	1		
				ГОСТ 23360-78			
		27		Винт М8х30	4		
				ГОСТ 13378-84			
		28		Шайба стопорная	4		
				ГОСТ 11872-89			
		29		Кольцо уплотнительное	1		
				ГОСТ 1933-73			
		30		Винт В. М10-д6х20.33Н.40	1		
				Х.05 ГОСТ 13378-84			
		31		Кольцо уплотнительное	1		
				ГОСТ 1933-73			
		32		Шайба стопорная	1		
				ГОСТ 11872-89			
		33		Гайка М24х1,5	1		
				ГОСТ 5915-70			
		34		Гайка М20х1,5	1		
				ГОСТ 5915-70			
Инд. № подл.	Взам инд. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	25.БР.ОТМП.009.065.000			Лист
							2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал		
						Формат А4	

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		35		Шайба стопорная ГОСТ 11872-89	1	
		36		Прокладка ГОСТ 14475-84	1	
		37		Болт М6х20 ГОСТ 13378-84	4	
		38		Шайба стопорная ГОСТ 11872-89	4	
		39		Прокладка ГОСТ 14475-84	1	
		40		Подшипник 180104 ГОСТ Р 52859-2007	1	
		41		Манжета ГОСТ 8752-79	1	
		42		Манжета ГОСТ 8752-79	1	
		43		Манжета ГОСТ 8752-79	1	
		44		Прокладка ГОСТ 14475-84	1	
		45		Винт М6х25 ГОСТ 13378-84	4	
		46		Шайба стопорная ГОСТ 11872-89	4	
		47		Кольцо уплотнительное ГОСТ 9833-73	1	
		48		Демпфер ГОСТ Р 55184-2012	2	
		49		Кольцо уплотнительное ГОСТ 9833-73	2	
		50		Винт М6х30 ГОСТ 13378-84	4	

Продолжение таблицы Б.1

Копировал

Формат А4

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №		A1			25.БР.ОТМП.009.070.000.СБ	Сборочный чертеж		
Подп. и дата		Б4	1		25.БР.ОТМП.009.070.001	Корпус	1	
		Б4	2		25.БР.ОТМП.009.070.002	Рычаг	1	
		Б4	3		25.БР.ОТМП.009.070.003	Сопло	1	
		Б4	4		25.БР.ОТМП.009.070.004	Винт	1	
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № инв.								
Инв. № подл.								
Взам инв. №								