

Школа ИШНПТ

Направление подготовки 15.01.03 «Машиностроение»

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b>
<b>Разработка технологии изготовления втулки литниковой</b>

УДК 621.81.002-229.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л15А	Горовко Маргарита Олеговна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов В. Н.	к.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шибинский К. Г.			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Скаковская Н. В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белоенко Е. В.	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Ефременков Е.А.	к.т.н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Л15А	Горовко Маргарите Олеговне

Тема работы:

Разработка технологии изготовления втулки литниковой
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	3480/с от 06.05.19
---	--------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

##### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую*

- чертеж детали «Втулка литниковая»;
- программа выпуска деталей N = 500 шт/год;
- материал детали – сталь 4Х4ВМФС.

<i>среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>		
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– технологический контроль чертежа;</li> <li>– технологичность конструкции;</li> <li>– тип производства;</li> <li>– технологический маршрут;</li> <li>– размерный анализ;</li> <li>– межоперационные размеры;</li> <li>– оборудование, инструменты;</li> <li>– режимы резания;</li> <li>– нормы времени;</li> <li>– проектирование приспособления;</li> <li>– финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>– социальная ответственность;</li> <li>– заключение по работе.</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– чертеж детали «Втулка литниковая»</li> <li>– операционные карты;</li> <li>– размерный анализ;</li> <li>– сборочный чертеж приспособления.</li> </ul>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>		
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>	
Технологический	Шибинский Константин Григорьевич	
Конструкторский	Шибинский Константин Григорьевич	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Скаковская Наталия Вячеславовна	
Социальная ответственность	Белоенко Елена Владимировна	
<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>		02.12.18

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Шибинский К. Г			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Л15А	Горовко Маргарита Олеговна		

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
<b>Общие по направлению подготовки (специальности)</b>		
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-1; ОК-2; ОК-3, ОК-6, ОК-9, ОПК-1; ОПК-4, ОПК-5, ПК-2, ПК-6, ПК-8) <sup>1</sup> , <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообработывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОПК-2; ОПК-3, ОПК-5, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообработывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-2, ОК-6, ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу

<sup>1</sup> Указаны коды компетенций по ФГОС ВО (направление 15.03.01 – МАШИНОСТРОЕНИЕ), утвержденному Приказом Министерства образования и науки РФ от 03.09.2015 г. №957

	самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-5; ОК-6; ОК-7, ОПК-2, ПК-20), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-4; ОК-9; ОПК-4, ПК-16), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-5; ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства, 28.001 Специалист по проектированию технологических комплексов механосборочных производств, 28.003 Специалист по автоматизации и

	зарубежного опыта, проведении патентных исследований	механизации технологических процессов механосборочного производства)
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ПК-8, ПК-17; ПК-22; ПК-24; ПК-25), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообработывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства)
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ПК-5; ПК-6; ПК-7, ПК-10, ПК-12, ПК-19, ПК-21 ПК-23, ПК-26), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообработывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
<b>Профиль 3 (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств)</b>		
P11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и	Требования ФГОС (ОПК-4, ПК-14, ПК-17, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (2.4, 2.5, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.083 Специалист по компьютерному проектированию технологических процессов, 40.089 Специалист

	<p>стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.</p>	<p>по компьютерному программированию станков с числовым программным управлением, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства).</p>
P12	<p>Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.</p>	<p>Требования ФГОС ВО (ПК-10; ПК-11, ПК-13; ПК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>, требования профессиональных стандартов (40.031 Специалист по технологиям механообработывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.083 Специалист по компьютерному проектированию технологических процессов, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства).</p>

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 108 страниц пояснительной записки, 51 таблицу, 9 рисунков, 30 источников, 4 лист графического материала формата А1 и 2 листа графического материала формата А2.

**Ключевые слова:** втулка литниковая, технологический процесс обработки, размерный анализ, режимы резания, расчёт приспособления.

**Key words:** die sleeve, master schedule of machining, dimensional analysis, cutting mode, calculation of attachment

Актуальность работы определяется необходимостью иметь технологический процесс изготовления конкретной детали «Втулка литниковая» на производстве с использованием спроектированного в работе приспособления.

Объектом исследования является деталь «Втулка литниковая».

Цели и задачи исследования: создание эффективного маршрута технологического процесса изготовления детали «Втулка литниковая».

Деталь изготовлена из стали 4Х4ВМФС и используется в промышленности для литья медных сплавов под давлением. Деталь подвергается разрушительному воздействию высокой температуры в момент соприкосновения медного сплава с пресс-формой. Втулка легко заменяется, что и объясняет её частое применение. Конструкция и технологические требования изделий данного типа регламентируется ГОСТ 19937-74.

В работе выполнен анализ чертежа детали и её технологичности, определён тип производства, разработан маршрут обработки детали с представлением операционных эскизов и описанием переходов по каждой операции, рассчитаны припуски на обработку и технологические размеры, выполнен размерный анализ техпроцесса с уточнением технологических размеров, рассчитаны режимы резания для каждого технологического перехода и требуемая мощность оборудования для каждой операции, в соответствие с которой назначена модель станка, рассчитано время выполнения каждой операции.

В конструкторской части работы спроектировано приспособление для развёртывания отверстия.

В работе также выполнен экономический анализ оценки деловой привлекательности представленной разработки, рассмотрены вопросы организации рабочего места на механическом участке.

## Содержание

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	5
Реферат.....	9
1.    ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	12
1.1.    Техническое задание .....	12
1.2.    Анализ назначения детали .....	13
1.3.    Анализ технологичности конструкции детали .....	14
1.4.    Выбор заготовки .....	15
1.5.    Определение типа производства .....	16
1.6.    Разработка технологического маршрута изготовления детали.....	18
1.7.    Расчет технологических размеров.....	27
1.7.1. Расчет минимальных припусков на обработку торцевых поверхностей.....	27
1.7.2. Расчет минимальных припусков на обработку цилиндрических поверхностей: 29	
1.7.3. Назначение допусков на технологические размеры .....	32
1.7.4. Расчет диаметральных технологических размеров.....	34
1.7.5. Расчет линейных технологических размеров .....	40
1.7.6. Расчет технологических размеров операции фрезерования .....	45
1.8.    Выбор станков и инструмента .....	47
1.9.    Расчет режимов резания.....	49
2.    КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	62
2.1.    Конструкция разработанного приспособления.....	63
3.    ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	67
3.1.    Введение .....	69
3.2.    Планирование научно-исследовательских работ.....	75
3.3.    Структура работ в рамках научного исследования .....	75
3.4.    Определение трудоемкости выполнения работ .....	76
3.5.    Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	84
3.6.    Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	91
3.7.    Вывод .....	93
4.    СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	95
4.1.    Введение .....	96

4.2.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	96
4.3.	Обеспечение безопасности для проектируемой рабочей зоны. ....	97
4.4.	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	98
4.5.	Профессиональная социальная ответственность.....	99
3.1.	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	100
	Отклонение показателей микроклимата .....	100
	Недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны .....	101
	Электрический ток .....	101
	Опасные и вредные факторы термической обработки .....	102
3.2.	Экологическая безопасность .....	103
3.3.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	104
4.9.	Вывод .....	105
	Список литературы.....	106

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Техническое задание

В качестве технического задания выдан чертеж втулки литниковой, представленный на рисунке 1.1, и задана годовая программа N в размере 500 шт./год.

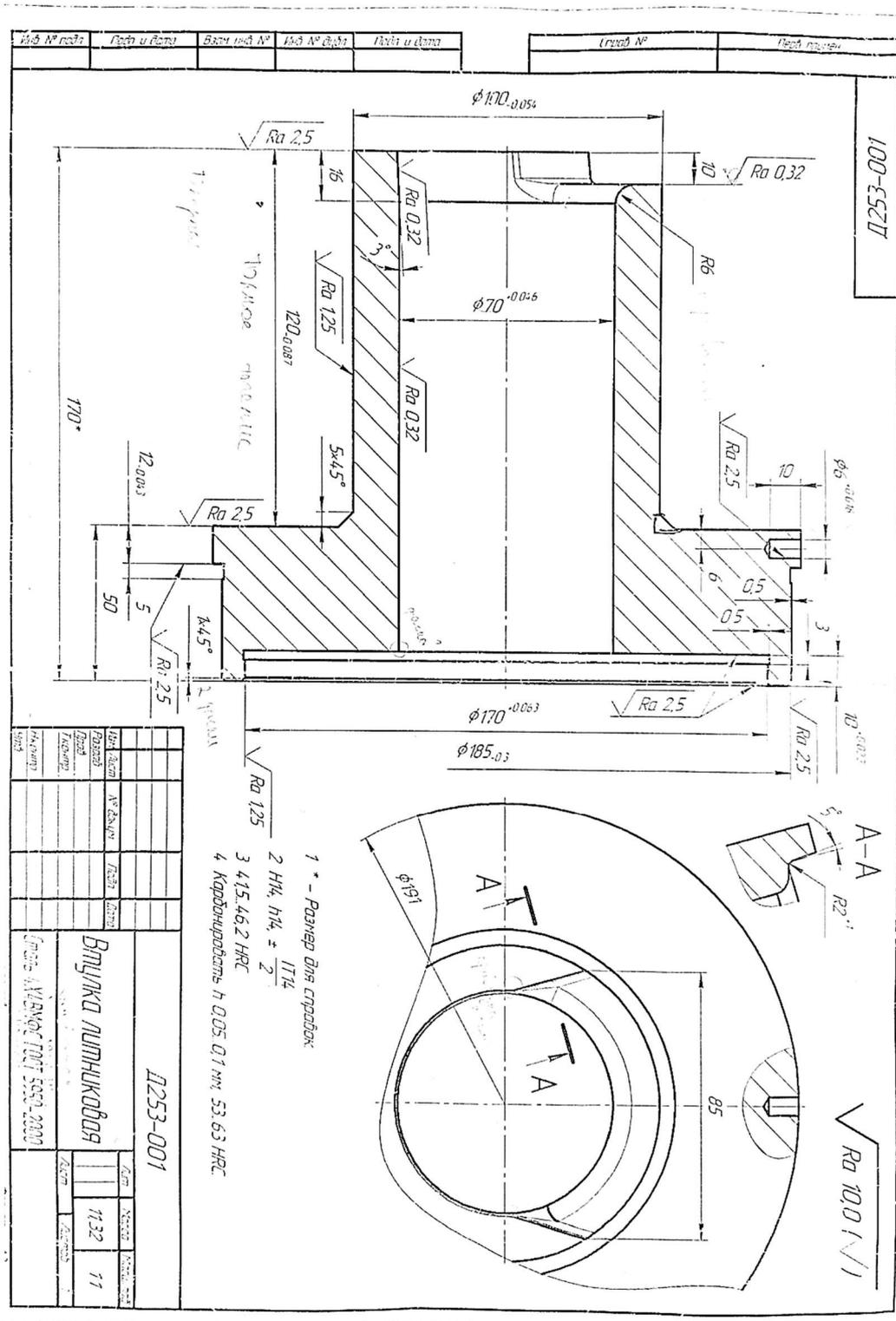


Рисунок 1.1 – Чертеж втулки литниковой

## 1.2. Анализ назначения детали

Деталь «штулка литниковая» представляет собой часть оснастки для литья медных сплавов под давлением. Данная штулка используется в примерно следующей конструкции: через сопло 1 расплавленный металл поступает во штулку 2, далее движется по центральному литниковому каналу 3 и поступает в литниковую плиту, откуда по разводящим каналам 4 поступает в оформляющие полости. Выемка 5 необходима для того, чтобы расплав, охлажденный от стенок оснастки в начальный момент литья и имеющий большую вязкость, не затруднял прохождение более горячего расплава. После охлаждения и снятия оснастки литник удаляется из формы давлением на него толкателя 6.

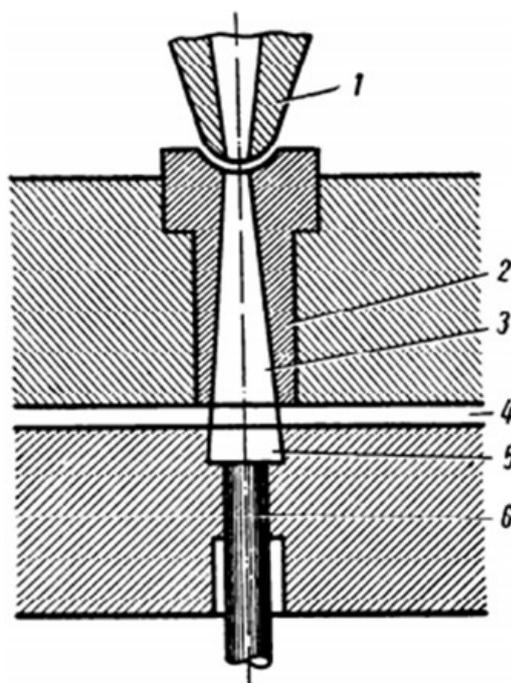


Рисунок 1.2. – Применение литниковой штулки

Необходимость такой детали как литниковая штулка в конструкции объясняется, во-первых, тем, что в начальный момент расплав, имеющий температуру более  $1000^{\circ}\text{C}$ , соприкасается с литниковой системой, что вызывает ее резкий нагрев, а затем постепенное охлаждение. Помимо температурной усталости, литниковая система подвергается износу и необратимому формоизменению. Для того, чтобы снизить неблагоприятное воздействие на пресс-форму, экономически выгодно иметь промежуточное звено между расплавом и пресс-формой, которое гораздо легче заменить.

### 1.3. Анализ технологичности конструкции детали

Деталь «втулка литниковая» представляет собой тело вращения с достаточно большим сквозным отверстием и соотношением длина-диаметр примерно равным 1. Поэтому деталь относится к типу втулок и обрабатываться будет на основе типового маршрута обработки втулок. В качестве базы берется ось вращения заготовки и один или оба торца.

Готовая деталь имеет значительный перепад диаметров по сечению, поэтому наиболее технологичной заготовкой была бы поковка, полученная горячей объемной штамповкой, позволяющая значительно снизить количество материала, отправившегося в стружку. Однако данный метод получения заготовок целесообразен в массовом и крупносерийном производствах, к которым, скорее всего, не отнесется мое изделие. В таком случае заготовкой будет являться сортовой прокат, из готового механической обработкой будет получено изделие, что будет совершенно нетехнологично, так как коэффициент использования материала составит примерно 0,25.

Проанализировав технические требования, можно сделать вывод, что в технологическом процессе будут две термические операции: закалка с отпуском и карбонитрирование. Режимы термической операции подберем по справочнику [5] и [8] на основе назначения детали.

С точки зрения механической обработки деталь нельзя назвать простой и технологичной. Заданные характеристики качества некоторых поверхностей делают необходимой окончательную обработку детали после термической операции, так как если получать размеры IT8-IT9 перед закалкой, то в результате коробления деталь перестанет быть годной. Также сложность представляет фрезерование паза, имеющего уклоны в  $5^\circ$  и скругления радиусом R6, требующего либо специальной оснастки, либо пятикоординатного обрабатывающего центра, либо ручной слесарной доводки. Кроме того, все поверхности, которые будут в дальнейшем соприкасаться с расплавом (в том числе и сложную поверхность паза), необходимо полировать в качестве отделочной операции или доводить каким-либо другим способом до шероховатости Ra 0,32, что скорее всего придется делать вручную.

Большая часть механической обработки не требует специальной оснастки и выполняется в стандартных приспособлениях: трехкулачковом самоцентрирующемся патроне и самоцентрирующихся тисках, однако для одной из операций будет необходимо разработать специальное приспособление.

#### 1.4. Выбор заготовки

Материал детали – сталь 4Х4ВМФС ГОСТ 5950-2000. Данная сталь относится к инструментальным штамповым сталям и используется для изготовления литниковой оснастки и штампов для горячего деформирования, так как обладает высокой сопротивляемостью термической усталости. Химический состав и физические свойства представлены в таблицах [5].

Таблица 1.1 – Химический состав стали 4Х4ВМФС

Химический элемент	%	Химический элемент	%
Углерод (С)	0.37 - 0.44		
Ванадий (V)	0.6 - 0.9	Марганец (Mn)	0.2 - 0.5
Вольфрам (W)	0.8 - 1.2	Никель (Ni), не более	0.6
Кремний (Si)	0.6 - 1	Фосфор (P), не более	0.03
Медь (Cu), не более	0.3	Хром (Cr)	3.2 - 4
Молибден (Mo)	1.2 - 1.5	Сера (S), не более	0.03

Таблица 1.2 – Физические свойства стали 4Х4ВМФС

в состоянии поставки			в закаленном состоянии			
твердость	$K_v$ (тв. сплав)	$\sigma_B$ , МПа	твердость	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$K_C^f$ , кДж / м <sup>2</sup>
до 241 НВ	1,2	800	44 HRC	1350	1600	

где  $K_v$  – коэффициент, характеризующий обрабатываемость резанием;  $\sigma_{0,2}$  – условный предел прочности;  $\sigma_B$  – предел текучести, соответствующий максимальной нагрузке;  $K_C^f$  – циклическая вязкость разрушения.

Данный материал поставляется в виде сортового проката. Форма детали предполагает использование в качестве заготовки поковки или прутка. Однако так как годовой план выпуска всего 500 шт., то использовать поковку экономически нецелесообразно, хотя это позволило бы значительно снизить затраты на механическую обработку. Поэтому в качестве заготовки выбираем пруток  $\varnothing 200_{-2,5}^{+0,9}$  обычной точности.

### 1.5. Определение типа производства

Тип производства определим через коэффициент закрепления операций [2]:

$$K_{з.о.} = \frac{t_{в}}{t_{с.шт}}$$

где  $t_{в}$  – такт выпуска детали, мин;  $t_{с.шт}$  – среднее штучно-калькуляционное время на выполнение технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали:

$$t_{в} = \frac{F_{г}}{N_{г}} \cdot 60 = \frac{4140}{500} \cdot 60 = 496,8$$

где  $F_{г}$  – годовой фонд времени работы оборудования, мин (при двухсменном режиме работы);  $N_{г}$  – годовая программа выпуска. Годовая программа в данном случае равна 500 деталей в год.

Таблица 1.3 – Приближенное определение норм времени

Операция	Переход	Зависимость для определения $T_0$	Основное технологическое время $T_0 \cdot 10^{-3}$ , мин	Коэффициент $\varphi_k$	Штучно-калькуляционное время $T_{шт.к}$ , мин
Отрезная	1.1	$0,19D^2$	7,60	3	22,80
Токарная	2.1	$0,037 \cdot D^2$	1,48	1,98	2,93
	2.2	$0,052 \cdot D^2$	2,08		4,11
	2.3	$0,17dl$ · 9 проходов	18,48		36,58
	2.4	$0,17dl$	2,24		4,85
	2.5	$0,63 \cdot (D^2 - d^2)$	0,46		0,90
	2.6	$0,037 \cdot D^2$	1,48		2,93
	2.7	$0,052 \cdot D^2$	2,08		4,11
	2.8	$0,17dl \cdot 3$ прохода	0,57		0,57
	2.9	$0,17dl$	1,65		3,28
	2.10	$0,17dl$	0,16		0,31
	2.11	$0,52dl$	2,65		5,25
	2.12	$0,31dl$	3,16		6,26
	2.13	$0,18 \cdot (d_1l_1 + d_2l_2)$	5,29		10,46

		· 11 проходов)			
	2.14	$0,3 \cdot (d_1 l_1 + d_2 l_2)$	3,82		7,56
	2.15	$0,63 \cdot (D^2 - d^2)$	0,43		0,85
Фрезерная	3.1	$6l \cdot 6$ проходов	7,2	1,84	13,25
	3.2	$4l$	9,60		17,66
	3.3	$0,52dl$	0,03		0,06
Токарная	6.1	$0,17dl$	1,20	1,98	2,37
	6.2	$0,052 \cdot (D^2 - d^2)$	0,12		0,23
Торцевкругло-шлифовальная	7.1	$0,1dl$	1,2	2,1	2,52
	7.2	$0,1dl$	0,45		0,96
Внутри-шлифовальная	8.1	$0,1dl$	2,55	2,1	5,36
	8.2	$0,1dl$	0,85		1,79
	8.3	$0,1dl$	1,12		2,35
Сверлильная	9.1	$0,52dl$	0,03	1,75	0,05
Сумма:					160,35

Среднее штучно-калькуляционное время:

$$t_{\text{с.шт}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{шт.к.}i}}{n} = \frac{160,35}{7} = 22,9$$

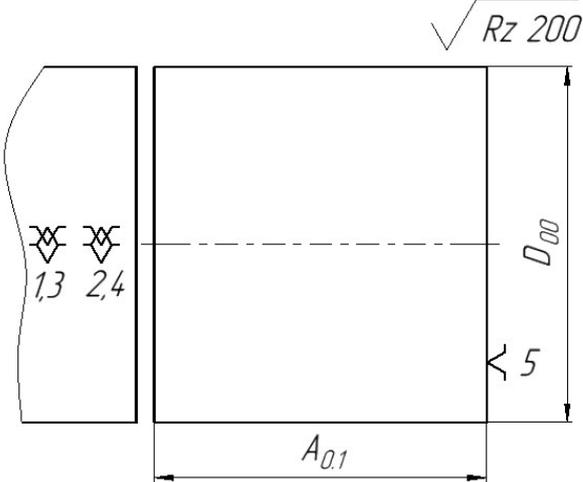
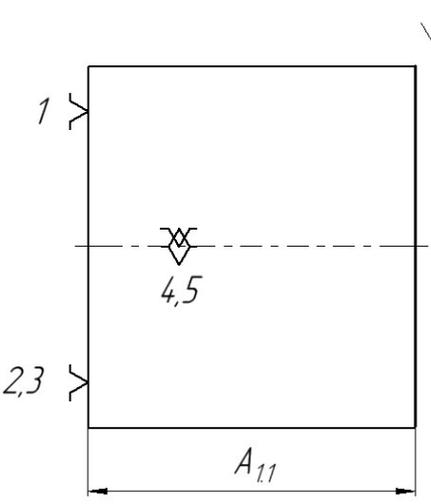
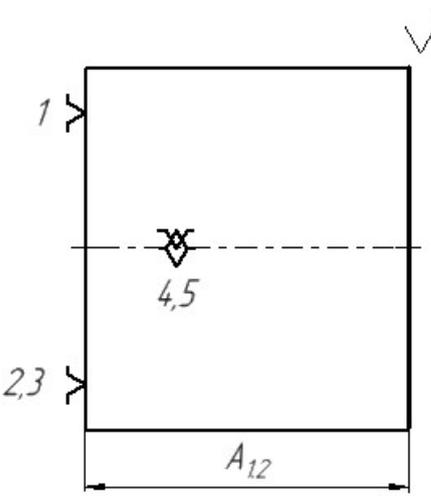
Определим коэффициент закрепления:

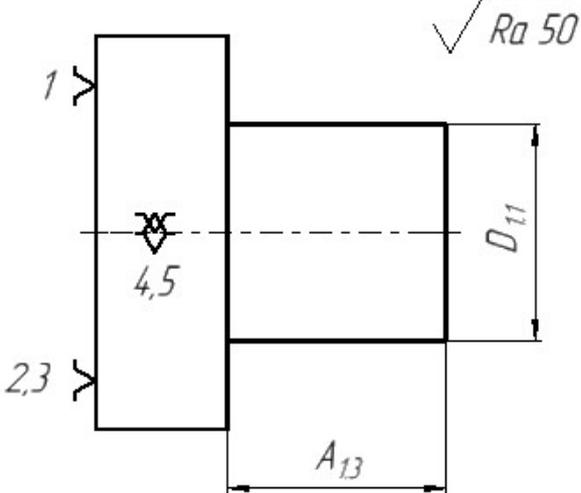
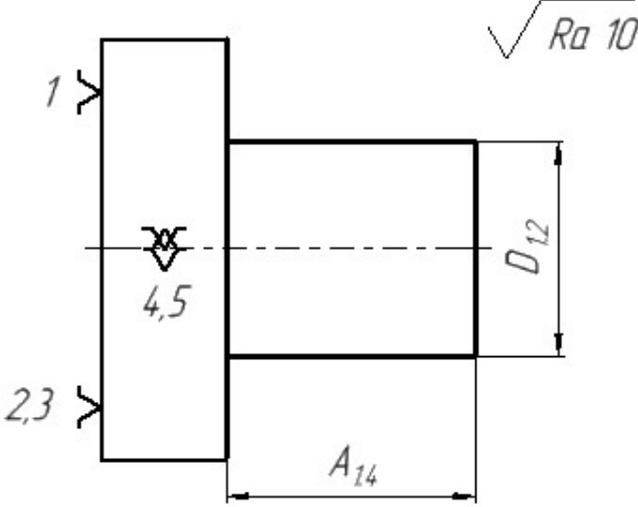
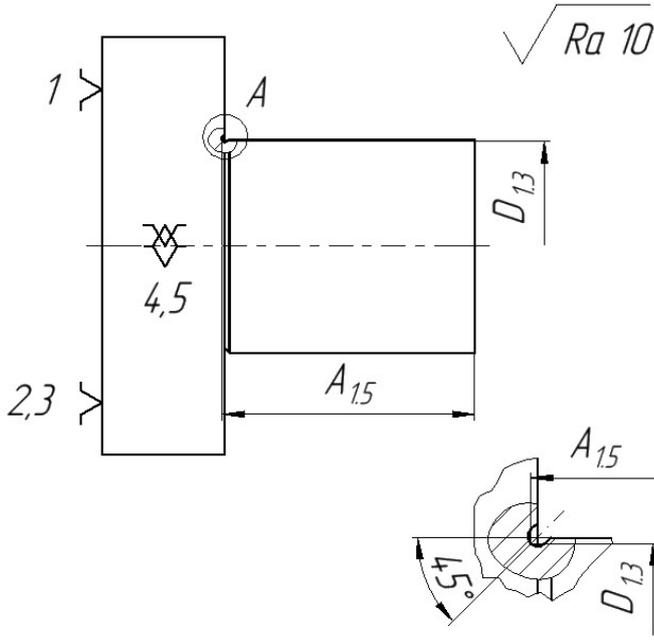
$$K_{\text{з.о.}} = \frac{t_{\text{в}}}{t_{\text{с.шт}}} = \frac{496,8}{22,9} = 21,7$$

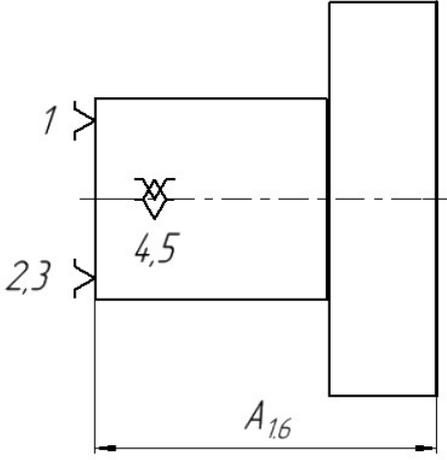
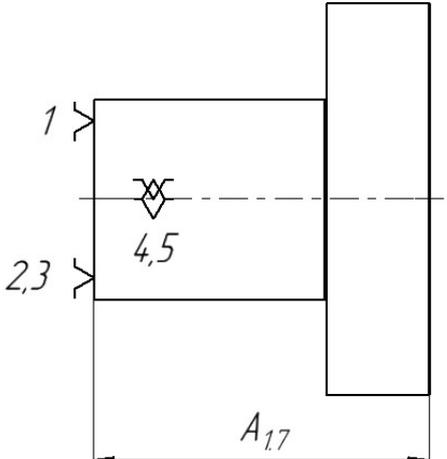
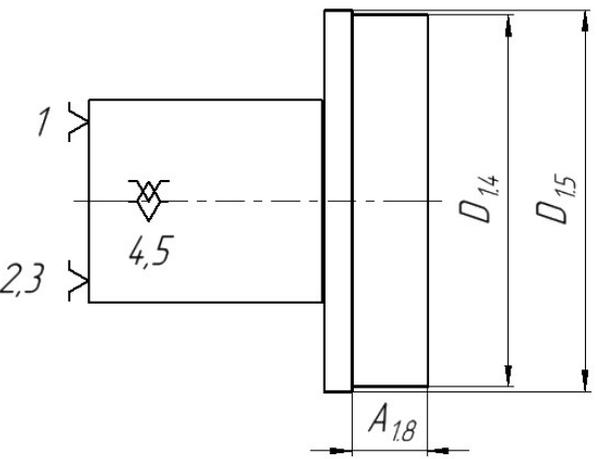
Таким образом, коэффициент закрепления попадает в промежуток от 20 до 40, что соответствует мелкосерийному производству.

## 1.6. Разработка технологического маршрута изготовления детали

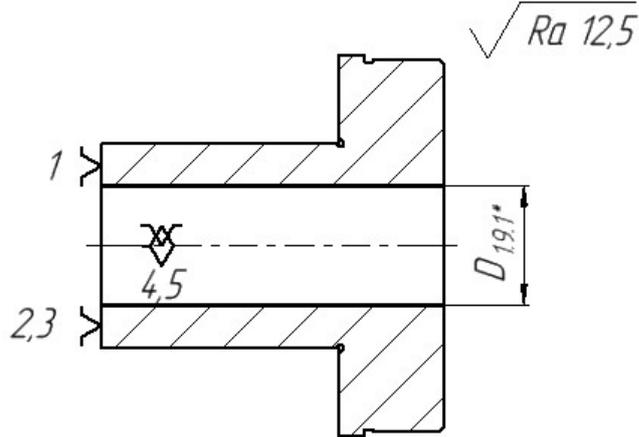
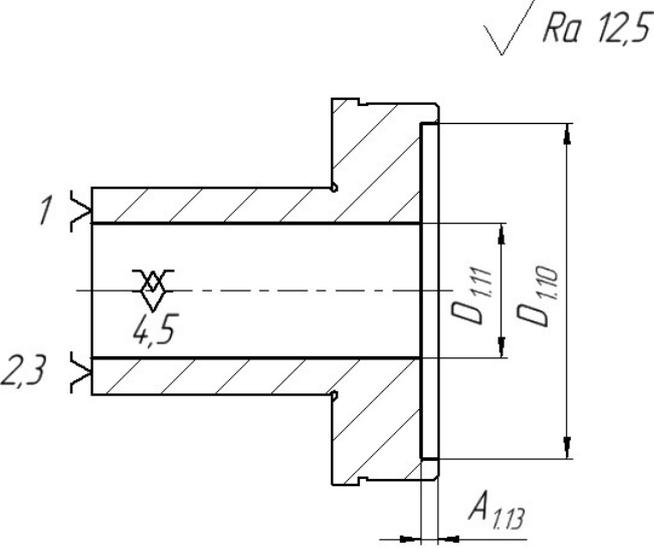
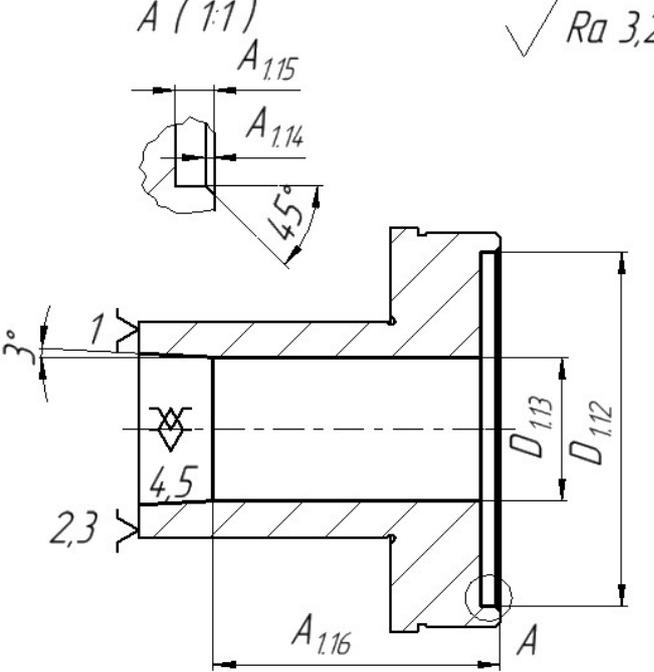
Таблица 1.4 – Маршрут изготовления детали

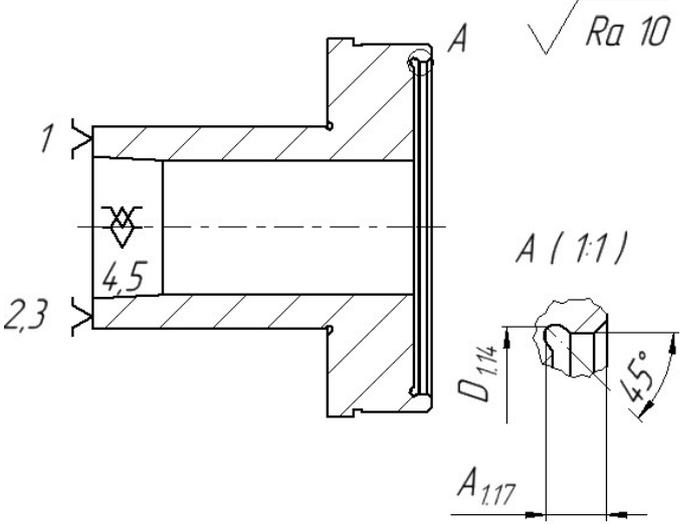
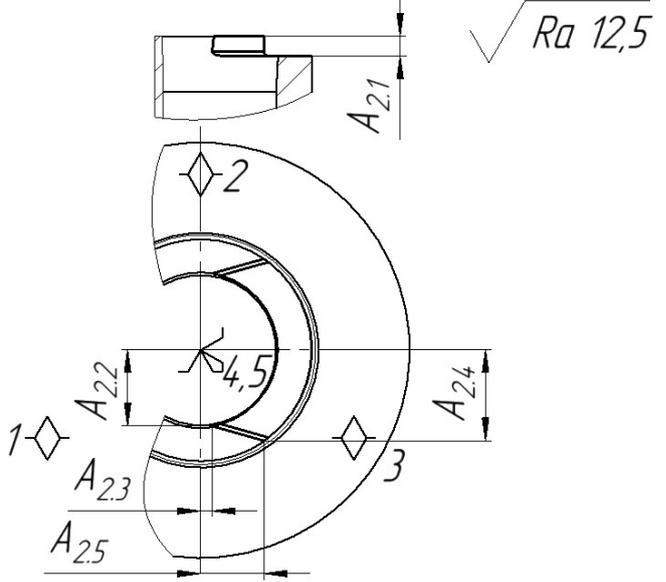
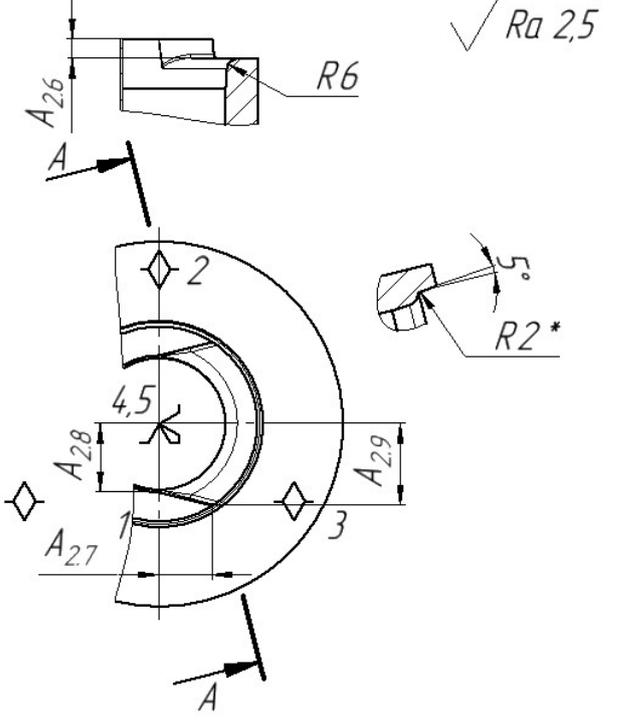
№ операции	№ перехода	Описание операции	Эскиз
000	1	<p><u>Заготовительная</u></p> <p>Выдвинуть пруток до упора и закрепить</p> <p>Отрезать заготовку, выдержав размер <math>A_{0,1}</math></p>	
005	1	<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>Установ А</p> <p>Точить торец начерно, выдерживая размер <math>A_{1,1}</math></p>	
	2	<p>Точить торец начисто, выдерживая размер <math>A_{1,2}</math></p>	

3	Точить по контуру начерно, выдерживая размеры A1.3 и D1.1	
4	Точить по контуру начисто, выдерживая размеры A1.4 и D1.2	
5	Точить канавку, выдерживая размеры A1.5 и D1.3	

6	<p>Установ Б</p> <p>Подрезать торец начерно, выдерживая размер A1.6</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 50}</math></p> 
7	<p>Подрезать торец начисто, выдерживая размер A1.7</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 2,5}</math></p> 
8	<p>Точить по контуру начерно, выдерживая размеры A1.8, D1.4 и D1.5</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 50}</math></p> 

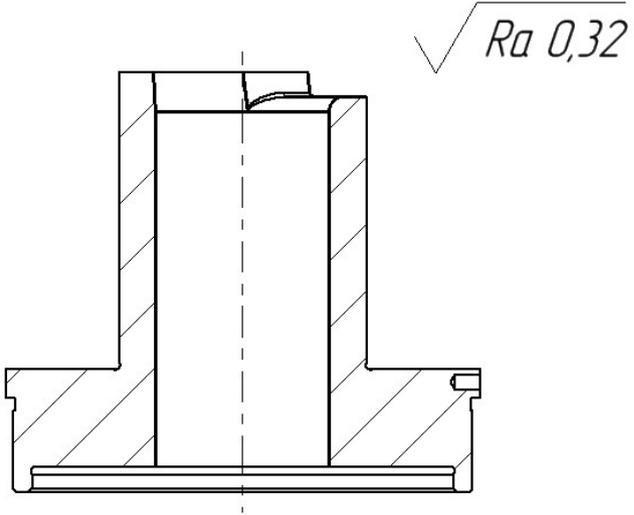
9	Точить по контуру начисто, выдерживая размеры A1.9, A1.10, D1.6 и D1.7	<p>Technical drawing for item 9. It shows a shaft with a diameter of <math>D_{16}</math> and a length of <math>A_{19}</math>. The end of the shaft is chamfered with a diameter of <math>A_{110}</math> and a <math>45^\circ</math> angle. The surface texture is <math>Ra 10</math>. A detail view shows a chamfered end with a diameter of <math>A_{110}</math> and a <math>45^\circ</math> angle. The drawing also includes a section line 1-1 and a dimension of 4.5.</p>
10	Точить канавку, выдерживая размеры A1.11, A1.12 и D1.8	<p>Technical drawing for item 10. It shows a shaft with a diameter of <math>D_{18}</math>. The groove width is <math>A_{111}</math> and the groove depth is <math>A_{112}</math>. The surface texture is <math>Ra 10</math>. A section line 1-1 and a dimension of 4.5 are also shown.</p>
11	Сверлить отверстие насквозь диаметром D1.9	<p>Technical drawing for item 11. It shows a shaft with a diameter of <math>D_{19}^*</math> and a hole diameter of <math>D_{1.9}</math>. A section line 1-1 and a dimension of 4.5 are also shown.</p>

12	<p>Расверлить отверстие D1.9.1</p>	 <p>Technical drawing showing a shaft with a hole. The hole diameter is labeled <math>D_{1.9.1}</math>. A chamfered end has a diameter of 4,5. Surface roughness is <math>\sqrt{Ra\ 12,5}</math>. Section lines 1 and 2,3 are shown.</p>
13	<p>Точить по контуру начерно выдерживая размеры A1.13, D1.10, D1.11</p>	 <p>Technical drawing showing a shaft with a hole. The hole diameter is 4,5. The outer diameter is <math>D_{1.10}</math>. The diameter of the hole is <math>D_{1.11}</math>. The length of the hole is <math>A_{1.13}</math>. Surface roughness is <math>\sqrt{Ra\ 12,5}</math>. Section lines 1 and 2,3 are shown.</p>
14	<p>Точить по контуру начисто, выдерживая размеры A1.14, A1.15, A1.16, D1.12, и D1.13</p>	 <p>Technical drawing showing a shaft with a hole. The hole diameter is 4,5. The outer diameter is <math>D_{1.12}</math>. The diameter of the hole is <math>D_{1.13}</math>. The length of the hole is <math>A_{1.16}</math>. The chamfered end has a diameter of <math>A_{1.14}</math> and a length of <math>A_{1.15}</math>. The chamfer angle is <math>45^\circ</math>. The chamfer length is <math>A</math>. The chamfer angle is <math>3^\circ</math>. Surface roughness is <math>\sqrt{Ra\ 3,2}</math>. Section lines 1 and 2,3 are shown.</p>

	15	Точить канавку, выдерживая размеры A1.17 и D1.14	
010	1	<p><u>Фрезерная с ЧПУ</u></p> <p>Установ А</p> <p>Фрезеровать предварительно, выдерживая размеры A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5,</p>	
	2	<p>Фрезеровать по программе, выдерживая размеры A2.6, A2.7, A2.8, A2.9 и R6.</p>	

015	1	<p align="center"><u>Слесарная</u></p> <p>Зачистить заусенцы и притупить острые кромки</p>	
020	1 2	<p align="center"><u>Термическая</u></p> <p>Калить до 57..59 HRC Отпустить до 42..46 HRC</p>	
025	1 2	<p align="center"><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>Установ А</p> <p>1 Точить поверхность 1, выдерживая размер D5.1 Точить поверхность 2, выдерживая размер A5.1</p>	
030	1 2	<p align="center"><u>Торце- круглошлифовальная</u></p> <p>Установ А</p> <p>1 Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер D6.1 2 Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер A6.1</p>	

035	<p>Внутришлифовальная Установ А</p> <p>1 Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер D7.1</p> <p>2 Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер A7.1</p> <p>3 Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер D7.2</p>	
040	<p><u>Сверлильная</u> Установ А</p> <p>1 Сверлить отверстие, выдерживая размеры A8.1 и D8.1</p>	
	<p>Установить и снять кондукторную втулку Развернуть отверстие, выдерживая размеры A8.2 и D8.2</p> <p>2</p>	
045	<p><u>Химико-термическая</u> Карбонитрировать на глубину h 0,06..0,1</p> <p>1</p>	

050	1	<p style="text-align: center;"><u>Полировальная</u></p> <p>Полировать внутренние поверхности и поверхности паза</p>	
-----	---	---	--

В технологическом процессе присутствует операция термической обработки, которая состоит из закалки и последующего отпуска, а также химико-термическая операция карбонитрирования. Режимы закалки и отпуска выбираются исходя из назначения детали. В данном случае сталь 4Х4ВМФС используется для литья медных сплавов, поэтому оптимальные режимы термической обработки, после которых сталь приобретет повышенную сопротивляемость термомеханической усталости и повышенную циклическую вязкость разрушения подберем по справочнику [5]. Из таблиц 37-39 [5] видно, что лучшие механические свойства сталь приобретет при твердости HRC 43.

## 1.7. Расчет технологических размеров

### 1.7.1. Расчет минимальных припусков на обработку торцевых поверхностей.

Расчет минимального припуска для обработки торцевых поверхностей ведется по следующей формуле:

$$Z_i = R_{Zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

где  $R_{i-1}$  – высота неровностей профиля на предшествующем переходе,  $h_{i-1}$  – толщина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе,  $\rho_{i-1}$  – суммарные отклонения расположения поверхностей,  $\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

0. Резка на ленточнопильном станке.

Заготовку получаем отрезкой сортового проката на ленточнопильном станке. При этом отклонение от перпендикулярности торца к оси заготовки составит  $\rho_\phi = 0,01D \approx 2$  мм, качество поверхности торца  $R_Z + h = 200$  мкм, качество наружной поверхности характеризуется также параметрами  $R_Z = 320$  мкм и  $h = 400$  мкм. Кривизна сортового проката в мкм на 1 мм длины составляет  $\Delta_k = 1,5$  мкм. Точность резки ленточной пилой составляет  $\pm 3$  мм для заготовок диаметром 150-200 мм.

1. Черновая подрезка торца.  $Z_{11 \min}$

Погрешность закрепления  $\varepsilon_{yi} = 700$  мкм и качество поверхности после отрезки  $R_{Zi-1} + h_{i-1} = 200$  мкм принимаем из таблиц [3, табл. 13, с.50] и [3, табл. 3, с.327] соответственно.

Припуски на обработку плоскостей  $\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{\rho_\pi^2 + \rho_\psi^2} = \sqrt{2000^2 + 880^2} = 2185$  мкм, где  $\rho_\pi$  – погрешность реза (перпендикулярность торца),  $\rho_\psi$  – кривизна сортового проката (отклонение от цилиндричности).  $\rho_\psi = 0,25\sqrt{T_D^2 + 1} = 0,25 \cdot \sqrt{3,4^2 + 1} = 0,88$  мм.

2. Чистовая подрезка торца.  $Z_{12 \min}$

Величины  $R_{Zi-1} = 50$  мкм и  $h_{i-1} = 50$  мкм здесь и далее принимаем из таблицы [3, табл. 5, с.328].  $\varepsilon_{yi}$  на одной операции не меняется, а  $\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_{\pi i-1} = 0,06 \cdot 2000 = 120$  мкм, где  $K_y$  – коэффициент уточнения [3, табл. 29, с.338],  $\rho_{\pi i-1}$  – погрешность реза на предыдущей операции. Тогда  $\rho_{\Sigma i-1} = K_y \cdot \rho_{чер} = 0,06 \cdot 2185 = 132$  мкм

3. Полуцистовое точение торца.  $Z_{14 \min}$

$R_{Zi-1} = 50$  мкм и  $h_{i-1} = 50$  мкм после чернового точения торца. Для операции чернового точения  $\rho_\psi = 880$  мкм так же как и для  $Z_{11}$ .  $\rho_\pi = 150..330$  мкм [3, табл. 4, с. 13], принимаем  $\rho_\pi = 250$ . Тогда  $\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{\rho_\pi^2 + \rho_\psi^2} = \sqrt{250^2 + 880^2} = 914$  мкм. В таком

случае для получистового точения:  $\rho_{\Sigma i-1} = K_y \cdot \rho_{\text{чер}} = 0,06 \cdot 914 = 55$  мкм Обработка по IT10.

4. Черновая подрезка торца.  $Z_{16 \text{ min}}$

$R_{Zi-1} + h_{i-1} = 200$  мкм после отрезки заготовки;  $\varepsilon_{yi} = 50$  мкм, так как базирование идет по чисто обработанной поверхности  $D = 100$  мм и чисто обработанному торцу. На предыдущей операции получистовая обработка велась по IT10, тогда  $\rho_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{T_D^2 + 1} = 0,25 \cdot \sqrt{0,14^2 + 1} = 0,25$  мм,  $\rho_{\phi} = 2000$  мкм (аналогично п. 1.1.). Тогда  $\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{\rho_{\text{п}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} = \sqrt{2000^2 + 250^2} = 2016$  мкм,

5. Чистовая подрезка торца.  $Z_{17 \text{ mi}}$

$R_{Zi-1} = 50$  мкм и  $h_{i-1} = 50$  мкм,  $\varepsilon_{yi} = 50$  мкм. Аналогично п.1.1. и 1.2. найдем  $\rho_{\Sigma i-1} = K_y \cdot \rho_{\text{чер}} = 0,06 \cdot 2016 = 121$  мкм.

6. Получистовое точение торца.  $Z_{19 \text{ min}}$

$R_{Zi-} = 50$  мкм и  $h_{i-1} = 50$  мкм,  $\varepsilon_{yi} = 50$  мкм,  $\rho_{\text{ц}} = 250$  мкм. Значение  $\rho_{\text{п}} = 150$  мкм примем из [2, Приложение 3].  $\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{\rho_{\text{п}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} = \sqrt{150^2 + 250^2} = 292$  мкм.

7. Чистовое растачивание торца.  $Z_{1.15 \text{ min}}$

Аналогично п.2.3.  $R_{Zi-} = 50$  мкм и  $h_{i-1} = 50$  мкм,  $\varepsilon_{yi} = 50$  мкм,  $\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{\rho_{\text{п}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} = \sqrt{150^2 + 250^2} = 292$  мкм. Здесь и далее значения  $\rho_{\text{ц}}$  и  $\rho_{\text{п}}$  принимаются из [2, Приложение 3].

8. Чистовое фрезерование паза.  $Z_{2.10 \text{ min}}$

Предыдущая операция – черновое фрезерование. Тогда для этой операции  $R_{Zi-1} = 50$  мкм и  $h_{i-1} = 50$  мкм,  $\varepsilon_{yi} = 100$  мкм,  $\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{\rho_{\text{п}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} = \sqrt{50^2 + 15^2} = 53$  мкм.

9. Чистовое точение торца.  $Z_{5.1 \text{ min}}$

$R_{Zi-1} = 40$  мкм и  $h_{i-1} = 50$  мкм,  $\varepsilon_{yi} = 80$  мкм,  $\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{\rho_{\text{п}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100$  мкм.

10. Чистовое точение торца.  $Z_{6.1 \text{ min}}$

$R_{Zi-1} = 40$  мкм и  $h_{i-1} = 50$  мкм,  $\varepsilon_{yi} = 50$  мкм,  $\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{\rho_{\text{п}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100$  мкм.

11. Чистовое шлифование торца.  $Z_{7.1 \text{ min}}$

$R_{Zi-1} = 40$  мкм и  $h_{i-1} = 50$  мкм,  $\varepsilon_{yi} = 50$  мкм,  $\rho_{\Sigma i-1} = \sqrt{\rho_{\text{п}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100$  мкм.

Таблица 1.5 – Минимальные припуски на обработку торцевых поверхностей

Операция	$Z_{min}$	$R_{Z_{i-1}}$	$h_{i-1}$	$\rho_{\Sigma i-1}$	$\varepsilon_{yi}$	Полученное значение
Подрезка торца черновая	$Z_{11}$	200		2185	700	$3085 \approx 3100$
Чистовая подрезка торца	$Z_{12}$	50	50	132	700	1688
Получистовое точение торца	$Z_{14}$	50	50	55	700	855
Подрезка торца черновая	$Z_{16}$	200		2016	50	2266
Чистовая подрезка торца	$Z_{17}$	50	50	121	50	271
Получистовое точение торца	$Z_{19}$	50	50	292	50	442
Получистовое растачивание торца	$Z_{1.15}$	50	50	292	50	442
Фрезерование чистовое	$Z_{2.6}$	50	50	53	100	253
Чистовое точение торца	$Z_{5.1}$	40	50	100	50	240
Чистовое шлифование торца	$Z_{6.1}$	40	50	100	80	270
Чистовое шлифование торца	$Z_{7.1}$	40	50	100	50	240

### 1.7.2. Расчет минимальных припусков на обработку цилиндрических поверхностей:

Расчет минимального припуска для обработки цилиндрических поверхностей ведется по следующей формуле:

$$Z_i = 2 \left( R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right)$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{ц}^2}$$

где  $\rho_k$  – погрешность заготовки по короблению,  $\rho_{ц}$  – смещение оси заготовки в результате погрешности центрирования (рассчитана в п.1.1.-5.1.).

0. Черновое точение.

Параметры цилиндрической поверхности горячекатанного проката обычной точности  $R_{Z_{i-1}} = 320$  мкм и  $h_{i-1} = 400$  мкм, погрешность базирования в радиальном направлении  $\varepsilon_i = 1000$  мкм.

$$\rho_k = \frac{\Delta_k}{\Delta_k^2 + 0,25} \cdot l_{\text{заг}} = \frac{1,5}{1,5^2 + 0,25} \cdot 180 = 108 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{ц}} = 880 \text{ мкм}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{\text{ц}}^2} = \sqrt{108^2 + 880^2} = 890 \text{ мкм}$$

$$Z_0^D = 2 \left( 320 + 400 + \sqrt{890^2 + 1000^2} \right) = 4118 \text{ мкм}$$

1. Получистовое точение.  $Z_{12}^D$

После снятия напуска черновым точением  $R_{Z i-1} = 63 \text{ мкм}$ ,  $h_{i-1} = 60 \text{ мкм}$ ,  $\varepsilon_i = 1000 \text{ мкм}$ .  $\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi}^2 + \rho_p^2} = \sqrt{60^2 + 120^2} = 135 \text{ мкм}$

2. Получистовое точение.  $2Z_{16}^D$

$R_{Z i-1} = 63 \text{ мкм}$ ,  $h_{i-1} = 60 \text{ мкм}$ ,  $\varepsilon_i = 80 \text{ мкм}$ .  $\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi}^2 + \rho_p^2} = \sqrt{80^2 + 150^2} = 170 \text{ мкм}$

3. Получистовое точение.  $2Z_{17}^D$

Аналогично п.2.1.  $R_{Z i-1} = 63 \text{ мкм}$ ,  $h_{i-1} = 60 \text{ мкм}$ ,  $\varepsilon_i = 80 \text{ мкм}$ ,  $\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi}^2 + \rho_p^2} = \sqrt{50^2 + 80^2} = 95 \text{ мкм}$ .

4. Сверление и рассверливание.

Для сверления и последующего рассверливания отверстия используем два сверла диаметрами  $\emptyset 30$  и  $\emptyset 60$ . После рассверливания сверлом  $\emptyset 60$  поверхность характеризуется следующими параметрами:  $R_Z = 63 \text{ мкм}$  и  $h_i = 80 \text{ мкм}$ . Также имеет место увод оси сверла, который рассчитаем по приближенным формулам:  $\rho_i = \sqrt{(\Delta_y \cdot l)^2 + C_0^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 170)^2 + 30^2} = 123 \text{ мкм}$ , где  $C_0 = 30 \text{ мкм}$  – смещение оси отверстия,  $l = 170 \text{ мм}$  – длина просверливаемого отверстия, мм,  $\Delta_y = 0,7 \text{ мкм/мм}$  – значение увода оси сверла.

Тогда для черного растачивания отверстия  $\emptyset 70$  припуск на диаметр определяется следующим образом:

$$Z_i = 2 \left( R_{Z i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = 2 \left( 63 + 80 + \sqrt{123^2 + 100^2} \right) = 603 \text{ мкм}$$

5. Чистовое растачивание.  $2Z_{1.12}^D$

После черного растачивания  $R_{Z i-1} = 40 \text{ мкм}$  и  $h_{i-1} = 50 \text{ мкм}$ . Погрешность расположения после черного растачивания:  $\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi}^2 + \rho_p^2} = \sqrt{80^2 + 150^2} = 170 \text{ мкм}$  [2,

Приложение 3]. Погрешность базирования на этом переходе  $\varepsilon_i = 80 \text{ мкм}$ .

6. Чистовое растачивание.  $2Z_{1.13}^D$

$$R_{Z_{i-1}} = 40 \text{ мкм и } h_{i-1} = 50 \text{ мкм, } \rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi}^2 + \rho_p^2} = \sqrt{50^2 + 100^2} = 112 \text{ мкм } \varepsilon_i =$$

80 мкм.

7. Чистовое точение.  $2Z_{51}^D$

$$R_{Z_{i-1}} = 40 \text{ мкм, } h_{i-1} = 50 \text{ мкм, } \varepsilon_i = 100 \text{ мкм. } \rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi}^2 + \rho_p^2} = \sqrt{20^2 + 60^2} =$$

65 мкм

8. Чистовое шлифование.  $2Z_{61}^D$

$$R_{Z_{i-1}} = 40 \text{ мкм, } h_{i-1} = 50 \text{ мкм, } \varepsilon_i = 80 \text{ мкм. } \rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi}^2 + \rho_p^2} = \sqrt{50^2 + 80^2} =$$

95 мкм .

9. Чистовое шлифование.  $2Z_{71}^D$

$$R_{Z_{i-1}} = 20 \text{ мкм, } h_{i-1} = 20 \text{ мкм, } \varepsilon_i = 80 \text{ мкм. } \rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi}^2 + \rho_p^2} = \sqrt{20^2 + 80^2} =$$

82 мкм.

10. Чистовое шлифование.  $2Z_{72}^D$

$$R_{Z_{i-1}} = 20 \text{ мкм, } h_{i-1} = 20 \text{ мкм, } \varepsilon_i = 80 \text{ мкм. } \rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi}^2 + \rho_p^2} = \sqrt{15^2 + 60^2} =$$

62 мкм.

Таблица 1.6 – Минимальные припуски на обработку диаметральных размеров

Операция	$Z_{min}^D$	$R_{Z_{i-1}}$	$h_{i-1}$	$\rho_{\Sigma}$	$\varepsilon_{yi}$	Полученное значение
Получистовое точение	$Z_{12}^D$	63	60	135	1000	2250
Получистовое точение	$Z_{16}^D$	63	60	95	80	495
Получистовое точение	$Z_{17}^D$	63	60	170	80	622
Чистовое растачивание	$Z_{1.12}^D$	40	50	170	80	556
Чистовое растачивание	$Z_{1.13}^D$	40	50	112	80	456
Чистовое точение	$Z_{5.1}^D$	40	50	95	80	429
Чистовое шлифование нар.	$Z_{6.1}^D$	40	50	65	100	419
Чистовое шлифование внутр.	$Z_{7.1}^D$	20	20	82	80	310
Чистовое шлифование внутр.	$Z_{7.2}^D$	20	20	62	80	283

### 1.7.3. Назначение допусков на технологические размеры

Используя методику определения допусков по [2, с.80], определим, что технологические допуски, заведомо больше заданных на чертеже. При этом учтем, что технологические допуски завышены, так как данные устарели. Так, в станке GOODWAY GA-2000 обеспечивается точность позиционирования инструмента до 0,016 мм. Поэтому значения не удовлетворяют среднестатистической погрешности  $\omega_c$ , то значения примем следующими:

- токарная черновая – 0,1-0,15 мм;
- токарная получистовая – 0,03-0,08мм;
- токарная чистовая – 0,01-0,03 мм;

Таблица 1.7 – Назначение допусков на линейные технологические размеры

Технологический размер	Составляющие допуска, мм			Допуск, мм	Обеспечиваемый конструкторский размер, мм
	$\omega_c$	$\rho$	$\varepsilon_y$		
A <sub>0.1</sub>	-	-	-	4,6	-
A <sub>1.1</sub>	0,15	2	0,88	3	-
A <sub>1.2</sub>	0,40	-	-	0,40	-
A <sub>1.3</sub>	1,00	-	-	1,00	-
A <sub>1.4</sub>	0,50	-	-	0,50	-
A <sub>1.5</sub>	0,08	-	-	0,08	-
A <sub>1.6</sub>	0,60	0,07	-	0,60	-
A <sub>1.7</sub>	0,20	-	-	0,20	-
A <sub>1.8</sub>	0,80	-	-	0,80	-
A <sub>1.9</sub>	0,10	-	-	0,10	-
A <sub>1.10</sub>	0,04	-	-	0,04	-
A <sub>1.11</sub>	0,1	-	-	0,1	-
A <sub>1.12</sub>	0,05	-	-	0,05	-
A <sub>1.13</sub>	0,20	-	-	0,20	-
A <sub>1.14</sub>	0,04	-	-	0,04	-
A <sub>1.15</sub>	0,08	-	-	0,08	-
A <sub>1.16</sub>	0,08	-	-	0,08	-
A <sub>1.17</sub>	0,08	-	-	0,08	-
A <sub>2.1</sub>	0,40	-	-	0,20	-
A <sub>2.2</sub>	0,40	-	-	0,20	-
A <sub>2.3</sub>	0,40	-	-	0,20	-
A <sub>2.4</sub>	0,40	-	-	0,20	-
A <sub>2.5</sub>	0,40	-	-	0,20	-
A <sub>2.6</sub>	0,10	-	-	0,20	10 ± 0,18
A <sub>2.7</sub>	0,10	-	-	0,20	-
A <sub>2.8</sub>	0,10	-	-	0,20	-
A <sub>2.9</sub>	0,10	-	-	0,10	-
A <sub>5.1</sub>	0,02	-	-	0,02	-

A <sub>6.1</sub>	0,02	-	-	0,02	120 <sub>-0,087</sub>
A <sub>7.1</sub>	0,022	-	-	0,022	10 <sup>+0,022</sup>

Имеет смысл расширить допуски на размеры A<sub>1.1</sub> и A<sub>1.2</sub>, так как из-за больших пространственных отклонений торца получить данные технологические размеры точнее, чем величина этих отклонений, невозможно.

Таблица 1.8 – Назначение допусков на диаметральные технологические размеры

№ технологического размера	Составляющее допуска, мм			Суммарное значение	Обеспечиваемый конструкторский размер
	$\omega_c$	$\rho$	$\varepsilon_y$		
D <sub>11</sub>	1,1	0,3	-	1,40	-
D <sub>12</sub>	0,50	0,3	-	0,80	-
D <sub>13</sub>	0,15	-	-	0,15	-
D <sub>14</sub>	1	-	-	1	-
D <sub>15</sub>	1	-	-	1	-
D <sub>16</sub>	0,30	-	-	0,30	-
D <sub>17</sub>	0,80	-	-	0,80	Ø191 <sub>-1,15</sub>
D <sub>18</sub>	0,10	-	-	0,10	-
D <sub>1.10</sub>	0,20	-	-	0,20	-
D <sub>1.11</sub>	0,20	-	-	0,20	-
D <sub>1.12</sub>	0,10	-	-	0,10	-
D <sub>1.13</sub>	0,10	-	-	0,10	-
D <sub>1.14</sub>	0,10	-	-	0,10	-
D <sub>7.1</sub>	0,063	-	-	0,063	Ø185 <sub>-0,3</sub>
D <sub>81</sub>	0,054	-	-	0,054	Ø100 <sub>-0,054</sub>
D <sub>91</sub>	0,063	-	-	0,063	Ø170 <sup>+0,063</sup>
D <sub>92</sub>	0,046	-	-	0,046	Ø70 <sup>+0,046</sup>

Из размерных схем и таблицы видно, что точность допусков конструкторских размеров обеспечивается допусками технологических размеров. Это справедливо как для конструкторских размеров, равных технологическим, так и для тех, которые обеспечиваются из размерных цепей. Проверим обеспечение точности таких размеров методом максимума-минимума.

$$\text{Размер } K_{18} = 0,5 \pm 0,125$$

$$0,25 \geq 0,1 + 0,15$$

Вывод: размер обеспечивается.

$$\text{Размер } K_{19} = 0,5 \pm 0,125$$

$$0,25 \geq 0,1 + 0,054$$

Допуск на размер A<sub>D13</sub><sup>\*\*</sup> примем равным нулю, так как он жестко связан с размером инструмента, в частности с координатой вершины резца, задаваемой размером D<sub>13</sub>.

Вывод: размер обеспечивается.

Размер  $K_{20} = 0,5 \pm 0,125$

$$0,25 \geq 0,1 + 0,063$$

Аналогично предыдущему пункту, технологический размер  $A_{D1.14}^{**}$  связан с координатой вершины резца, поэтому допуск примем равным нулю.

Вывод: размер обеспечивается.

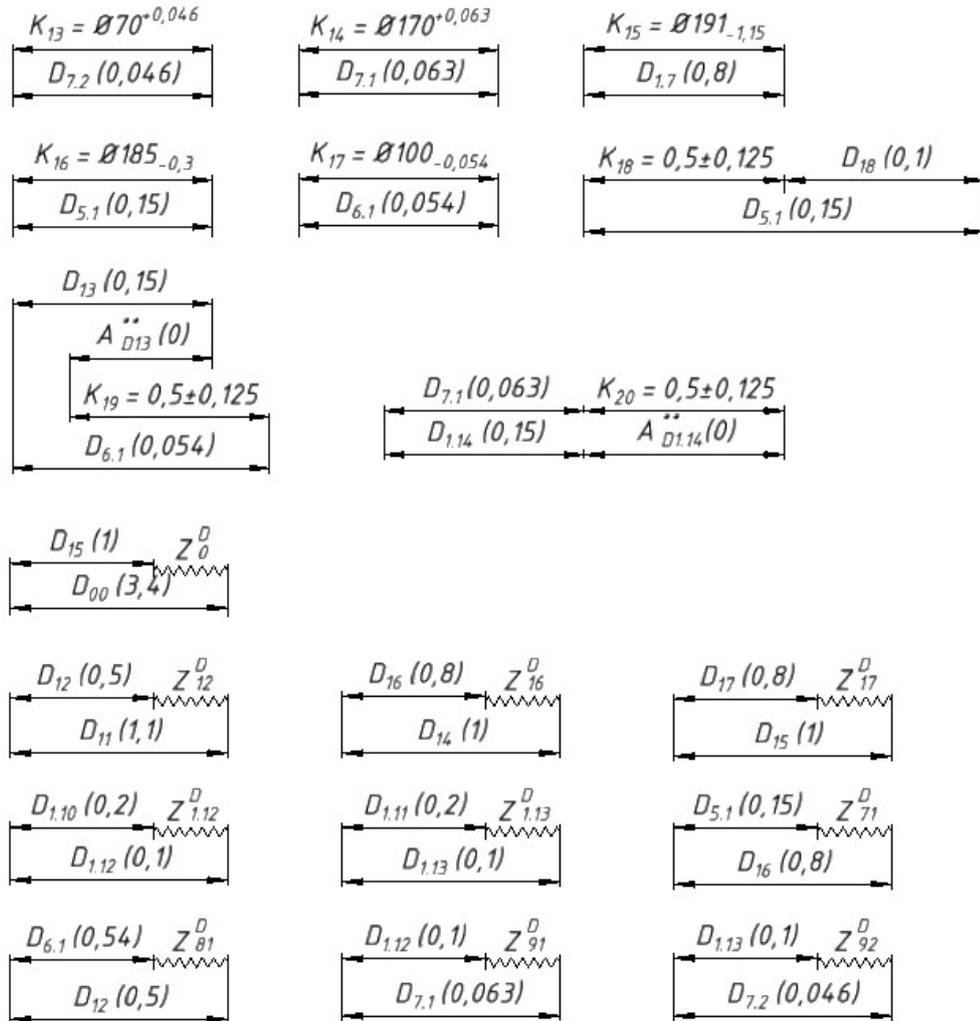


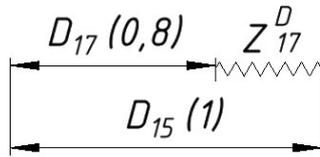
Рисунок 1.3 – Технологические размерные цепи для диаметральных размеров

#### 1.7.4. Расчет диаметральных технологических размеров

Расчет технологических размеров начнем с расчета диаметральных размеров, так как обработка некоторых цилиндрических поверхностей меняет линейные размеры. Расчет будем вести методом средних значений.

##### 1. Обработка наружной поверхности $\text{Ø}191_{-1}$

Полулистовое точение.



Размер  $D_{17} = 191_{-0,8}$  известен.

$$D_{17}^{\text{cp}} = D_{17} + \frac{\text{BOD}_{17} + \text{HOD}_{17}}{2} = 191 + \frac{-0,8}{2} = 190,6 \text{ мм}$$

Среднее значение припуска:

$$Z_{17}^{\text{cp}} = Z_{17\text{min}} + \frac{TD_{15} + TD_{17}}{2} = 0,622 + \frac{1 + 0,8}{2} = 1,522 \text{ мм}$$

$$D_{15}^{\text{cp}} = D_{17}^{\text{cp}} + Z_{17}^{\text{cp}} = 190,6 + 1,522 = 192,122 \text{ мм}$$

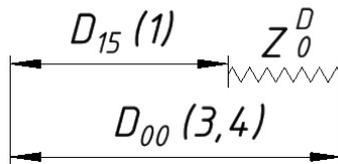
$$D_{15} = 192,2 \pm 0,5 \text{ мм}$$

В системе вала:  $D_{15} = 193_{-1}$

Припуск:

$$2Z_{17} = D_{15} - D_{17} = 193_{-1} - 191_{-0,8} = 2_{-0,8}^{+1} \text{ мм}$$

Черновое точение. Определение диаметра проката



Размер  $D_{15} = 193_{-1}$  известен.

$$D_{15}^{\text{cp}} = 192,5 \text{ мм}$$

Допуск  $D_{00}$ :  $TD_{00} = \text{BOD}_{00} + \text{HOD}_{00} = 0,9 - (-2,5) = 3,4 \text{ мм}$

Среднее значение припуска:

$$Z_{15}^{\text{cp}} = Z_{15\text{min}} + \frac{TD_{15} + TD_{00}}{2} = 4,118 + \frac{1 + 3,4}{2} = 6,32 \text{ мм}$$

$$D_{00}^{\text{cp}} = D_{15}^{\text{cp}} + Z_{15}^{\text{cp}} = 192,5 + 6,32 = 198,82 \text{ мм}$$

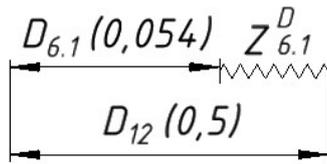
$$D_{00} = D_{00}^{\text{cp}} - \frac{\text{BOD}_{00} + \text{HOD}_{00}}{2} = 198,82 - \frac{0,9 - 2,5}{2} = 199,62 \text{ мм}$$

Таким образом, необходимо выбрать прокат  $D_{\phi.00} = \phi 200_{-2,5}^{+0,9}$ . Тогда фактическое значение припуска  $Z_{15}$ :

$$Z_{15} = D_{\phi.00} - D_{15} = 200_{-2,5}^{+0,9} - 193_{-1} = 7_{-2,5}^{+1,9} \text{ мм}$$

## 2. Обработка наружной поверхности $\phi 100_{-0,054}$

Чистовое шлифование.



Размер  $D_{6.1} = 100_{-0,054}$  известен и равен конструкторскому.

$$D_{6.1}^{cp} = D_{6.1} + \frac{TD_{6.1}}{2} = 100 + \frac{-0,054}{2} = 99,973 \text{ мм}$$

$$Z_{6.1}^{cp} = Z_{6.1min} + \frac{TD_{6.1} + TD_{12}}{2} = 0,419 + \frac{0,054 + 0,5}{2} = 0,696 \text{ мм}$$

$$D_{12}^{cp} = D_{6.1}^{cp} + Z_{6.1}^{cp} = 99,973 + 0,696 = 100,7 \text{ мм}$$

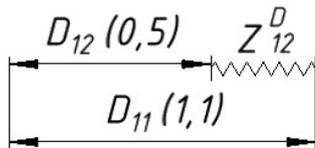
$$D_{12} = 100,7 \pm 0,25 \text{ мм}$$

В системе вала:  $D_{12} = 101_{-0,5}$ .

Припуск:

$$Z_{6.1} = D_{12} - D_{6.1} = 101_{-0,5} - 100_{-0,054} = 1_{-0,5}^{+0,054} \text{ мм}$$

Получистовое точение.



$$D_{12}^{cp} = 100,75 \text{ мм}$$

$$Z_{12}^{cp} = Z_{12min} + \frac{TD_{12} + TD_{11}}{2} = 2,25 + \frac{0,5 + 1,1}{2} = 3,05 \text{ мм}$$

$$D_{11}^{cp} = D_{12}^{cp} + Z_{12}^{cp} = 100,75 + 3,05 = 103,8 \text{ мм}$$

$$D_{11} = 103,8 \pm 0,55 \text{ мм}$$

В системе вала:  $D_{11} = 105_{-1,1}$ .

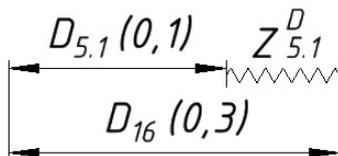
Припуск:

$$Z_{12} = D_{11} - D_{12} = 105_{-1,1} - 101_{-0,5} = 4_{-1,1}^{+0,5} \text{ мм}$$

### 3. Обработка наружной поверхности $\emptyset 185_{-0,1}$

Чистовое точение.

Размер  $D_{5.1} = 185_{-0,1}$  известен, но не равен конструкторскому, потому что возникла необходимость ужесточения технологического допуска.



$$D_{5.1}^{cp} = D_{5.1} + \frac{TD_{5.1}}{2} = 185 + \frac{-0,1}{2} = 184,95 \text{ мм}$$

$$Z_{5.1}^{cp} = Z_{5.1min} + \frac{TD_{5.1} + TD_{16}}{2} = 0,429 + \frac{0,1 + 0,3}{2} = 0,679 \text{ мм}$$

$$D_{16}^{cp} = D_{5.1}^{cp} + Z_{5.1}^{cp} = 184,95 + 0,679 = 185,629 \text{ мм}$$

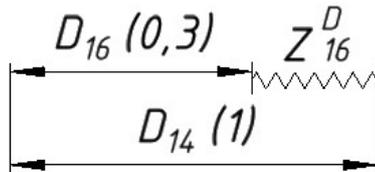
$$D_{16} = 185,65 \pm 0,15 \text{ мм}$$

В системе вала:  $D_{16} = 185,8_{-0,3}$ .

Припуск:

$$Z_{5.1} = D_{16} - D_{5.1} = 185,8_{-0,3} - 185_{-0,1} = 0,8_{-0,3}^{+0,1} \text{ мм}$$

Получистовое точение.



$$D_{16} = 185,8_{-0,3}$$

$$Z_{14}^{cp} = Z_{16min} + \frac{TD_{16} + TD_{14}}{2} = 0,495 + \frac{0,3 + 1,1}{2} = 1,195 \text{ мм}$$

$$D_{14}^{cp} = D_{16}^{cp} + Z_{16}^{cp} = 185,65 + 1,195 = 186,845 \text{ мм}$$

$$D_{14} = 186,845 \pm 0,55 \text{ мм}$$

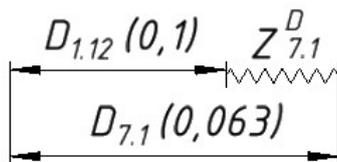
В системе вала:  $D_{14} = 188_{-1}$ .

Припуск:

$$Z_{16} = D_{14} - D_{16} = 188_{-1} - 186,3_{-0,3} = 1,7_{-1}^{+0,3} \text{ мм}$$

#### 4. Обработка внутренней поверхности $\varnothing 170^{+0,063}$

Чистовое шлифование.



Размер  $D_{7.1} = 170^{+0,063}$  известен и равен конструкторскому.

$$D_{7.1}^{cp} = D_{7.1} + \frac{TD_{91}}{2} = 170 + \frac{0,063}{2} = 170,0315 \text{ мм}$$

$$Z_{7.1}^{cp} = Z_{7.1min} + \frac{TD_{7.1} + TD_{1.12}}{2} = 0,31 + \frac{0,063 + 0,1}{2} = 0,3915 \text{ мм}$$

$$D_{1.12}^{cp} = D_{7.1}^{cp} - Z_{7.1}^{cp} = 170,0315 - 0,3915 = 169,64 \text{ мм}$$

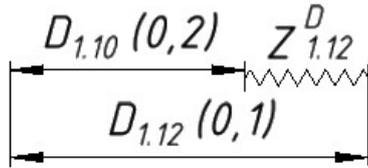
$$D_{1.12} = 169,6 \pm 0,05 \text{ мм}$$

В системе отверстия:  $D_{1.12} = 169,5^{+0,1}$ .

Припуск:

$$Z_{7.1} = D_{7.1} - D_{1.12} = 170^{+0,063} - 169,5^{+0,1} = 0,5_{-0,1}^{+0,063}$$

Чистовое растачивание.



$$D_{1.12} = 169,5^{+0,1}$$

$$Z_{1.12}^{cp} = Z_{1.12min} + \frac{TD_{1.10} + TD_{1.12}}{2} = 0,556 + \frac{0,2 + 0,1}{2} = 0,706 \text{ мм}$$

$$D_{1.10}^{cp} = D_{1.12}^{cp} - Z_{1.12}^{cp} = 169,55 - 0,706 = 168,844 \text{ мм}$$

$$D_{1.10} = 169,8 \pm 0,1 \text{ мм}$$

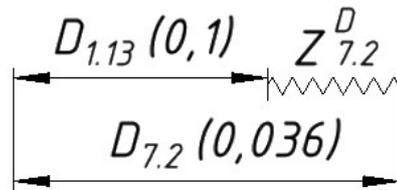
В системе отверстия:  $D_{1.10} = 168,7^{+0,2}$ .

Припуск:

$$Z_{1.12} = D_{1.12} - D_{1.10} = 169,5^{+0,1} - 168,7^{+0,2} = 0,8_{-0,2}^{+0,1} \text{ мм}$$

## 5. Обработка внутренней поверхности $\phi 70^{+0,036}$

Чистовое шлифование.



Размер  $D_{7.2} = 70^{+0,036}$ , так как после карбонитрирования понадобится отделочная операция, на которую необходимо оставить припуск 10 мкм.

$$D_{7.2}^{cp} = D_{7.2} + \frac{TD_{7.2}}{2} = 70 + \frac{0,036}{2} = 70,018 \text{ мм}$$

$$Z_{7.2}^{cp} = Z_{7.2mi} + \frac{TD_{7.2} + TD_{1.13}}{2} = 0,283 + \frac{0,036 + 0,1}{2} = 0,351 \text{ мм}$$

$$D_{1.13}^{cp} = D_{7.2}^{cp} - Z_{7.2}^{cp} = 70,018 - 0,351 = 69,667 \text{ мм}$$

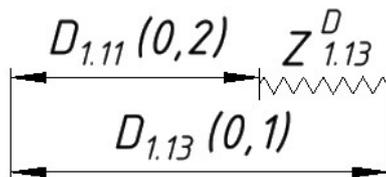
$$D_{1.13} = 69,65 \pm 0,05 \text{ мм}$$

В системе отверстия:  $D_{1.13} = 69,6^{+0,1}$ .

Припуск:

$$Z_{7.2} = D_{7.2} - D_{1.13} = 70^{+0,036} - 69,6^{+0,1} = 0,4_{-0,1}^{+0,036} \text{ мм}$$

Чистовое растачивание.



$$D_{1.13} = 69,6^{+0,1}$$

$$Z_{1.13}^{cp} = Z_{1.13min} + \frac{TD_{1.11} + TD_{1.13}}{2} = 0,456 + \frac{0,2 + 0,1}{2} = 0,568 \text{ мм}$$

$$D_{1.11}^{cp} = D_{1.13}^{cp} - Z_{1.13}^{cp} = 69,65 - 0,568 = 69,082 \text{ мм}$$

$$D_{1.11} = 69,082 \pm 0,1 \text{ мм}$$

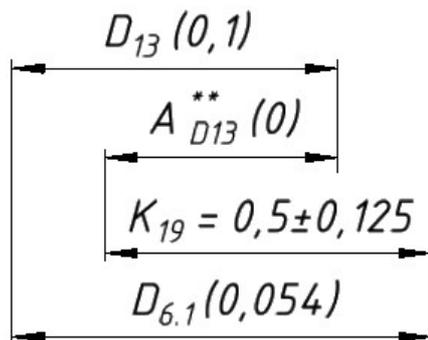
В системе отверстия:  $D_{1.11} = 68,9^{+0,2}$

Припуск:

$$Z_{1.13} = D_{1.13} - D_{1.11} = 69,6^{+0,1} - 68,9^{+0,2} = 0,7_{-0,2}^{+0,1} \text{ мм}$$

## 6. Точение канавок

Точение фасонной наружной канавки.



Зная номинальные значения и предельные отклонения всех звеньев этой цепи, можно с помощью метода средних значений найти технологический размер  $D_{13}$ .

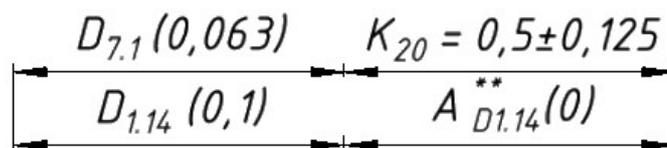
$$K_{19} = A_{D_{13}}^{**} + D_{6.1} - D_{13}$$

$$D_{13}^{cp} = A_{D_{13}}^{**} + D_{6.1}^{cp} - K_{19}^{cp} = 0,57 + 99,973 - 0,5 = 100,04$$

$$D_{13} = 100,04 \pm 0,05$$

В системе вала:  $D_{13} = 100,1_{-0,1}$

Точение внутренней фасонной канавки.



Аналогично предыдущему пункту:

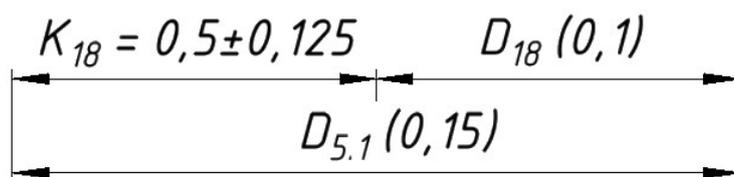
$$K_{20} = A_{D_{1.14}}^{**} + D_{1.14} - D_{5.1}$$

$$D_{1.14}^{cp} = D_{5.1}^{cp} + K_{20}^{cp} - A_{D_{1.14}}^{**} = 170,0315 + 0,5 - 0,57 = 170,02$$

$$D_{1.14} = 170 \pm 0,05$$

В системе отверстия:  $D_{1.14} = 169,95^{+0,1}$

Точение прямоугольной канавки



$$K_{18} = D_{5.1} - D_{18}$$

$$D_{18}^{cp} = D_{5.1}^{cp} - K_{15}^{cp} = 184,925 - 0,5 = 184,425$$

$$D_{18} = 184,5 \pm 0,05$$

В системе вала:  $D_{18} = 185_{-0,1}$

### 1.7.5. Расчет линейных технологических размеров

Для начала перечислим все технологические размеры, которые уже известны или выдерживаются непосредственно, то есть равны конструкторским:

Технологические размеры, равные половине припуска, снимаемого при чистовой обработке поверхностей вращения, влияющей на изменение осевых размеров

$A_{7.1}^* = Z_{7.1}^D / 2 = \frac{0,48 \pm 0,08}{2} = 0,24 \pm 0,04 = 0,24 \pm 0,02$  – припуск, снимаемый на внутренней поверхности.

$A_{5.1}^* = Z_{5.1}^D / 2 = \frac{0,7 \pm 0,2}{2} = 0,35 \pm 0,1$  – припуск, снимаемый на наружной поверхности.

$A_{15}^*$  и  $A_{1.17}^*$  – размеры, привязанные к размерам  $A_{15}$  и  $A_{1.17}$  соответственно. Эти размеры не имеют своего допуска, но имеют строго определенное расстояние до вершины резца  $A_{15}^* = A_{17}^* = 0,57$  мм.

Размеры, выдерживаемые непосредственно:

$$K_1 = A_{2.10} = 10 \pm 0,18$$

$$K_4 = A_{6.1} = 120_{-0,02}$$

$$K_{10} = A_{7.1} = 10^{+0,022}$$

Размеры, рассчитанные геометрически.

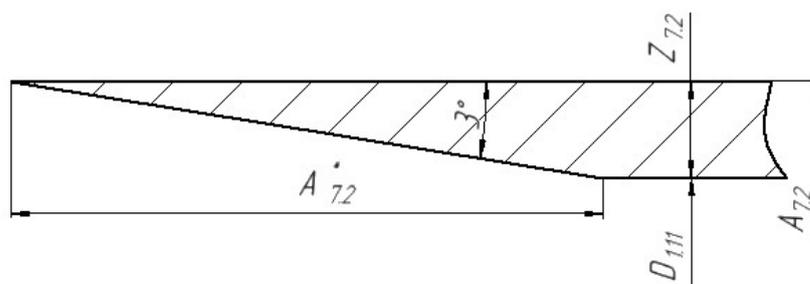


Рисунок 1.4 – Расчет размера  $A_{7.2}^*$

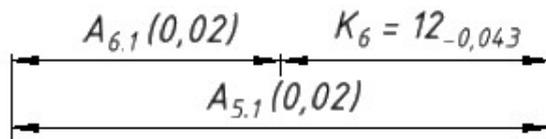
Размер  $A_{7.2}^*$  получим делением среднего припуска  $Z_{7.2} = 0,4_{-0,1}^{+0,036}$  на  $\text{tg } 3^\circ$ .

$$A_{7.2}^* = \frac{0,351 \pm 0,068}{2 \cdot \text{tg } 3^\circ} = 3,35 \pm 0,65$$

Также имеет смысл расширить допуск на размер  $K_2 = 16 \pm 0,215$  до  $\pm 0,35$  мм.

1. Расчет технологических размеров из условий обеспечения конструкторских размеров.

1.1. Размер  $A_{5.1}$



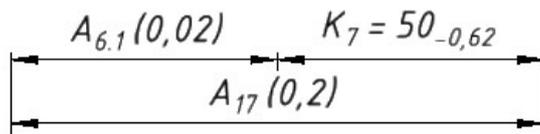
$$A_{6.1} = 120_{-0,02}$$

$$K_6 = A_{5.1} - A_{6.1} = 12_{-0,043}$$

$$A_{5.1}^{cp} = A_{6.1}^{cp} + K_6^{cp} = 119,99 + 11,9785 = 131,9685$$

$$A_{5.1} = 131,97 \pm 0,01$$

1.2. Размер  $A_{17}$

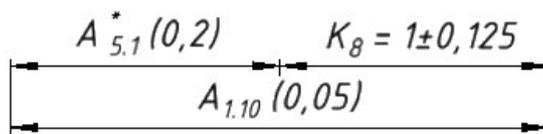


$$K_7 = A_{17} - A_{6.1}$$

$$A_{17}^{cp} = A_{6.1}^{cp} + K_7^{cp} = 119,99 + 49,69 = 169,68$$

$$A_{17} = 169,7_{-0,2}$$

1.3. Размер  $A_{1.10}$

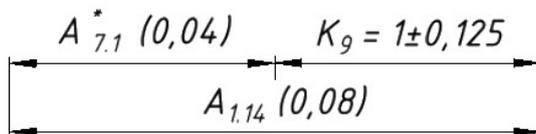


$$K_8 = A_{1.10} - A_{5.1}^*$$

$$A_{1.10}^{cp} = A_{7.1}^{*cp} + K_8^{cp} = 0,24 + 1 = 1,21$$

$$A_{1.10} = 1,21 \pm 0,02$$

1.4. Размер  $A_{1.14}$

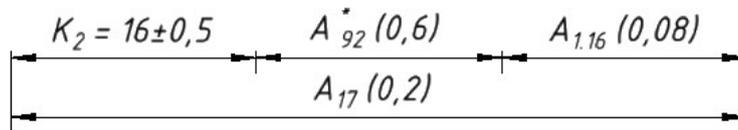


$$K_9 = A_{1.14} - A_{7.1}^*$$

$$A_{1.14}^{cp} = A_{7.1}^{*cp} + K_9^{cp} = 0,12 + 1 = 1,12$$

$$A_{1.14} = 1,12 \pm 0,02$$

1.5. Размер  $A_{1.16}$

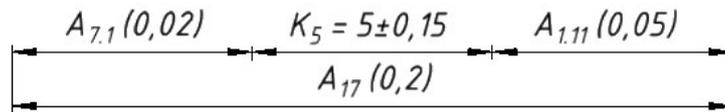


$$K_2 = A_{17} - A_{92}^* - A_{1.16}$$

$$A_{1.16}^{\text{cp}} = A_{17} - A_{92}^{*\text{cp}} - K_2^{\text{cp}} = 169,6 - 2,1 - 16 = 151,5$$

$$A_{1.16} = 151,5 \pm 0,04$$

1.6. Размер  $A_{1.11}$

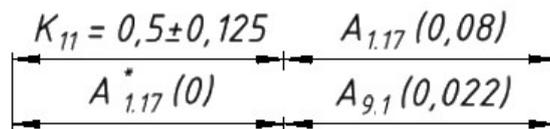


$$K_5 = A_{17} - A_{7.1} - A_{1.11}$$

$$A_{1.11}^{\text{cp}} = A_{17}^{\text{cp}} - A_{7.1}^{\text{cp}} - K_5^{\text{cp}} = 169,6 - 131,97 - 5 = 32,63$$

$$A_{1.11} = 32,63 \pm 0,05$$

1.7. Размер  $A_{1.17}$

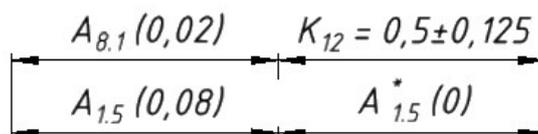


$$K_{11} = A_{1.17}^* + A_{9.1} - A_{1.17}$$

$$A_{1.17}^{\text{cp}} = A_{1.17}^{*\text{cp}} + A_{9.1}^{\text{cp}} - K_{11}^{\text{cp}} = 0,57 + 10,011 - 0,5 = 10,08$$

$$A_{1.17} = 10,08 \pm 0,04$$

1.8. Размер  $A_{1.5}$



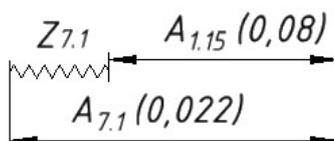
$$K_{12} = A_{1.5}^* + A_{1.5} - A_{8.1}$$

$$A_{1.5}^{\text{cp}} = A_{8.1}^{\text{cp}} + K_{12}^{\text{cp}} - A_{1.5}^{*\text{cp}} = 119,99 + 0,5 - 0,57 = 119,92$$

$$A_{1.5} = 119,92 \pm 0,04$$

2. Расчет технологических размеров из условий обеспечения минимальных припусков на обработку

2.1. Размер  $A_{1.15}$



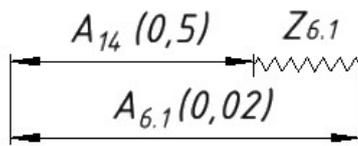
$$Z_{7.1} = A_{7.1} - A_{1.15}$$

$$Z_{7.1}^{\text{cp}} = Z_{7.1}^{\text{min}} + \frac{TA_{1.15} + TA_{7.1}}{2} = 0,240 + \frac{0,08 + 0,022}{2} = 0,331$$

$$A_{1.15}^{cp} = A_{7.1}^{cp} - Z_{7.1}^{cp} = 10,011 - 0,331 = 9,68$$

$$A_{1.15} = 9,68 \pm 0,04$$

### 2.2.Размер $A_{14}$



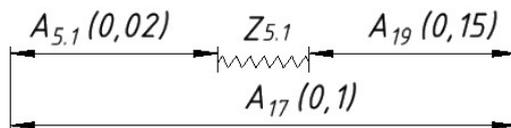
$$Z_{6.1} = A_{6.1} - A_{14}$$

$$Z_{6.1}^{cp} = Z_{6.1 \min} + \frac{TA_{14} + TA_{6.1}}{2} = 0,270 + \frac{0,1 + 0,02}{2} = 0,33$$

$$A_{14}^{cp} = A_{6.1}^{cp} - Z_{6.1}^{cp} = 119,99 - 0,33 = 119,66$$

$$A_{14} = 119,6_{-0,2}$$

### 2.3.Размер $A_{19}$



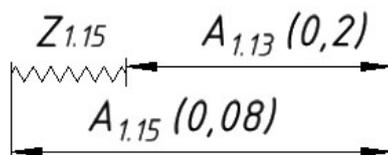
$$Z_{5.1} = A_{17} - A_{19} - A_{5.1}$$

$$Z_{5.1}^{cp} = Z_{5.1 \min} + \frac{TA_{17} + TA_{19} + TA_{5.1}}{2} = 0,240 + \frac{0,1 + 0,15 + 0,02}{2} = 0,375$$

$$A_{19}^{cp} = A_{17}^{cp} - A_{5.1}^{cp} - Z_{5.1}^{cp} = 169,6 - 131,97 - 0,375 = 37,255$$

$$A_{19} = 37,18^{+0,15}$$

### 2.4.Размер $A_{1.13}$



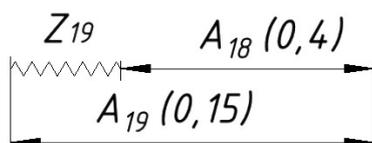
$$Z_{1.15} = A_{1.15} - A_{1.13}$$

$$Z_{1.15}^{cp} = Z_{1.15 \min} + \frac{TA_{1.15} + TA_{1.13}}{2} = 0,442 + \frac{0,08 + 0,2}{2} = 0,582$$

$$A_{1.13}^{cp} = A_{1.15}^{cp} - Z_{1.15}^{cp} = 9,68 - 0,582 = 9,098$$

$$A_{1.13} = 9^{+0,2}$$

### 2.5.Размер $A_{18}$



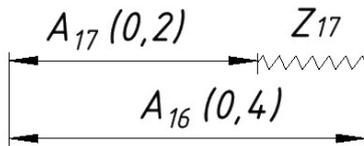
$$Z_{19} = A_{19} - A_{18}$$

$$Z_{19}^{cp} = Z_{19 \min} + \frac{TA_{18} + TA_{19}}{2} = 0,442 + \frac{0,4 + 0,15}{2} = 0,717$$

$$A_{18}^{cp} = A_{19}^{cp} - Z_{19}^{cp} = 37,255 + 0,712 = 37,972$$

$$A_{18} = 38,1^{+0,4}$$

### 2.6.Размер $A_{16}$



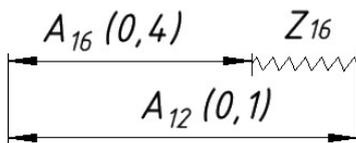
$$Z_{17} = A_{16} - A_{17}$$

$$Z_{17}^{cp} = Z_{17 \min} + \frac{TA_{16} + TA_{17}}{2} = 0,271 + \frac{0,4 + 0,2}{2} = 0,571$$

$$A_{16}^{cp} = A_{17}^{cp} + Z_{17}^{cp} = 169,6 + 0,571 = 170,171$$

$$A_{16} = 170,4_{-0,4}$$

### 2.7.Размер $A_{12}$



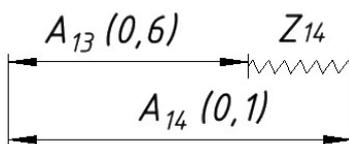
$$Z_{16} = A_{12} - A_{16}$$

$$Z_{16}^{cp} = Z_{16 \min} + \frac{TA_{16} + TA_{12}}{2} = 2,266 + \frac{0,4 + 0,1}{2} = 2,516$$

$$A_{12}^{cp} = A_{16}^{cp} + Z_{16}^{cp} = 170,2 + 2,516 = 175,716$$

$$A_{12} = 176_{-0,4}$$

### 2.8.Размер $A_{13}$



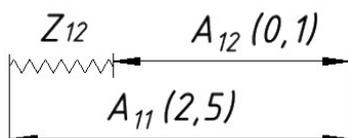
$$Z_{14} = A_{14} - A_{13}$$

$$Z_{14}^{cp} = Z_{14 \min} + \frac{TA_{13} + TA_{14}}{2} = 0,855 + \frac{0,6 + 0,1}{2} = 1,205$$

$$A_{13}^{cp} = A_{14}^{cp} - Z_{14}^{cp} = 120,32 - 1,205 = 119,115$$

$$A_{13} = 119,4_{-0,6}$$

### 2.9.Размер $A_{1,1}$



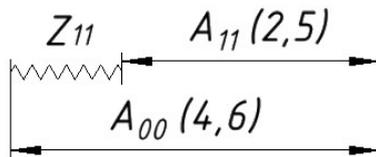
$$Z_{12} = A_{11} - A_{12}$$

$$Z_{12}^{cp} = Z_{12 \min} + \frac{TA_{11} + TA_{12}}{2} = 1,688 + \frac{2,5 + 0,1}{2} = 2,988$$

$$A_{11}^{cp} = A_{12}^{cp} + Z_{12}^{cp} = 175,2 + 3 = 178,2$$

$$A_{11} = 180_{-3}$$

2.10. Размер  $A_{00}$



$$Z_{11} = A_{00} - A_{11}$$

$$Z_{11}^{cp} = Z_{11 \min} + \frac{TA_{11} + TA_{00}}{2} = 3,1 + \frac{2,5 + 4,6}{2} = 6,65$$

$$A_{00}^{cp} = A_{11}^{cp} + Z_{11}^{cp} = 178,2 + 6,65 = 184,85$$

$$A_{00} = 189_{-7}$$

### 1.7.6. Расчет технологических размеров операции фрезерования

Данная операция будет выполняться на пяти-координатном фрезерном центре с ЧПУ DMU 50 ECOLINE. Особенностью этого станка является наличие наклонно-поворотного стола для пятисторонней обработки.

Операцию фрезерования разделим на две части: черновую и чистовую. На черновой операции будет удаляться большая часть материала, а фрезерование будет вестись только по трем координатам. На чистовой фрезерной операции будут выполнены скругления и выфрезерованы уклоны. Таким образом, необходимо рассчитать размеры для черновой операции так, чтобы учесть припуск на фрезерование и фрезерование уклонов. Сделаем это геометрически.

Допуски на все конструкторские размеры ( $K_1 = 10 \pm 0,18$ ,  $K_{21} = 85 \pm 0,435$  и  $K_{22} = 5 \pm 0,5^\circ$ ) заданы по IT14 и AT14. Рассмотрим предельные значения размеров, чтобы определить, сколько надо отступить, чтобы оставить напуск под формирование уклонов. Припуск  $Z_{21}$  примем равным  $Z_{22}$ . Технологический допуск на размер

1. Обеспечение конструкторского размера  $K_1 = 10 \pm 0,18$ .

$$Z_{2.1} = A_{2.10} - A_{2.1}$$

$$Z_{2.6}^{cp} = Z_{2.6 \min} + \frac{TA_{2.1} + TA_{2.10}}{2} = 0,253 + \frac{0,4 + 0,1}{2} = 0,503$$

$$A_{2.1}^{cp} = A_{2.6}^{cp} - Z_{2.1}^{cp} = 10 - 0,503 = 9,497$$

$$A_{2.1} = 9,5 \pm 0,2$$

2. Обеспечение конструкторского размера  $K_{21} = 85 \pm 0,435$  и расчет технологических размеров  $A_{2.2}, A_{2.3}, A_{2.4}, A_{2.5}, A_{2.6}, A_{2.7}, A_{2.8}, A_{2.9}$ ,

Так как для чистовых операций технологический размер равен конструкторскому, то размеры чистового фрезерования, не проставленные на чертеже, возьмем с 3D модели детали как средние значения. Номинальные размеры  $A_{2.13} = A_{2.14}$  равны половине размера  $K_{21}$ , поля допуска равны половине допуска  $K_{21}$ . Однако так как в дальнейшем планируется использовать боковые поверхности паза как базу на сверлильной операции, имеет смысл ужесточить допуски на размеры чистового фрезерования.

$$A_{2.9} = \frac{85 \pm 0,435}{2} = 42,5 \pm 0,2$$

Однако так как в дальнейшем планируется использовать боковые поверхности паза как базу на сверлильной операции, имеет смысл ужесточить допуски на размеры чистового фрезерования.

Таким образом имеем следующие размеры:

$$A_{2.9} = 42,5 \pm 0,05$$

$$A_{2.8} = 27,65 \pm 0,05$$

$$A_{2.7} = 35,85 \pm 0,05$$

Теперь рассчитаем технологические размеры для черновой операции

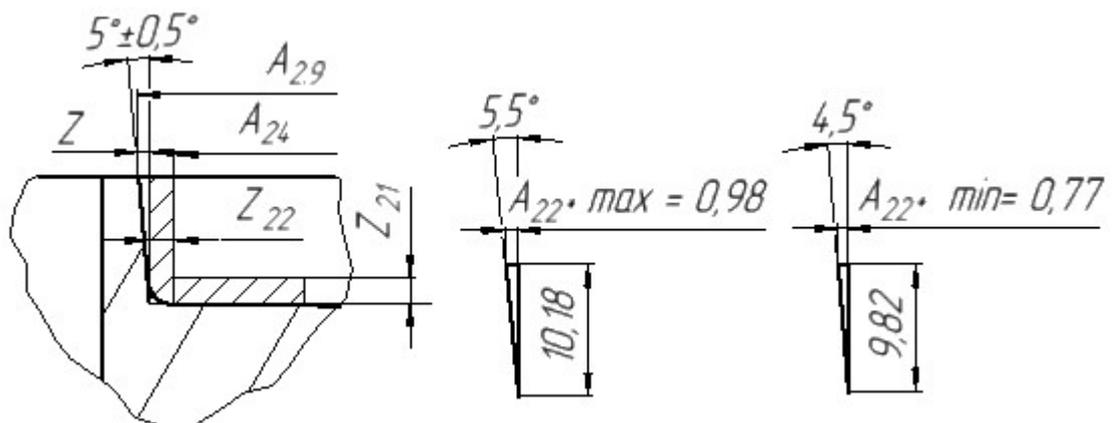
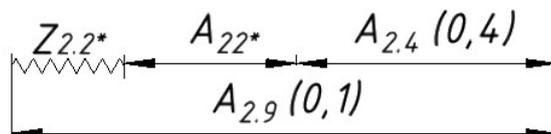


Рисунок 1.5 – Расчет операции чернового фрезерования



$$Z_{2.2*} = A_{2.9} - A_{2.4} - A_{2.2*}$$

$$TA_{2.2*} = 0,98 - 0,77 = 0,21$$

$$Z_{2.2*}^{cp} = Z_{2.2 \min} + \frac{TA_{2.1} + TA_{2.10} + TA_{2.2*}}{2} = 0,253 + \frac{0,4 + 0,1 + 0,21}{2} = 0,68$$

$$A_{2.4}^{cp} = A_{2.9}^{cp} - Z_{2.2*}^{cp} = 42,5 - 0,68 = 41,89$$

Аналогично:

$$A_{2.3}^{cp} = A_{2.8}^{cp} - Z_{2.2*}^{cp} = 27,65 - 0,68 = 26,93$$

$$A_{2.2}^{cp} = A_{2.7}^{cp} - Z_{2.2*}^{cp} = 35,85 - 0,68 = 35,27$$

### 1.8.Выбор станков и инструмента

Выберем инструмент и станки и сведем в таблицу.

Таблица 1.8 – Выбранный инструмент и оборудование

Операция	Станок	Основные характеристики
0	Автоматический ленточнопильный станок Stalex ТВК-4228В	Максимальное сечение круглого профиля – 280 мм; Мощность двигателя – 3,0 кВт; Скорость резания – 27, 45, 69 м/мин; Размер полотна – 27х0,9х3505 мм.
1	Металлообработы-вающий центр Goodway с ЧПУ GA-2000	Мощность двигателя привода шпинделя кВт – 11 (номинал) / 15 (30 мин) / 18 (пиковая) Диапазон скоростей вращения шпинделя – 48-4800 об/мин; Сечение державки инструмента – 25х25 мм; Точность позиционирования / повторяемость – ± 0, 005 / ± 0, 003 мм.
2	DMU 50 Центр фрезерный 5-координатный	Мощность привода – 9 кВт; Диапазон скорости вращения – 0..12000 об/мин; Точность позиционирования (непрямое/прямое измерение перемещений) по осям (X, Y, Z) – 0,016/0,006 мм; Точность позиционирования по осям (B, C) – 16 с;
3	Горизонтальная вакуумная печь для закалки в масле и отпуска Cesterm VOQH-446	Вес садки – 200 кг; Мощность нагрева – 75 кВт; Рабочая / Максимальная температура – 1150/1350°С; Размеры рабочей камеры (ШхВхГ) – 400х400х600 мм;
4	Металлообработы-вающий центр Goodway с ЧПУ GA-2000	Аналогично операции 1.
5	Торце-круглошлифовальный станок с ЧПУ GA-3535CNC	Межцентровое расстояние – 350 мм; Максимальный шлифуемый диаметр – 320 мм. Максимальные размеры шлифовального круга – 510х80х203.2 мм. Максимальная окружная скорость шлифовального круга – 45 м/сек; Дискретность подачи по осям X и Z – 0.0001 мм; Мощность двигателя шпинделя шлифовального круга – 5,62 кВт.

6	Внутришлифовальный станок Okamoto IGM-2MB	Обрабатываемый внутренний диаметр – 6-200 мм; Максимальная глубина шлифования – 200 мм; Максимальный диаметр заготовки с использованием защитного кожуха – 350 мм; Минимальный программируемый шаг ось X – 0,0001 мм, ось Z – 0,001 мм; Мощность электродвигателя шпинделя – 1,5 кВт.
7	Станок радиальный сверлильный DR5	Максимальный диаметр сверления в стали – 40 мм; Автоматическая подача пиноли – 0,1 - 1,25 мм/об Частота вращения шпинделя – 32 - 2500 об/мин Размер стола – 2030 x 885 мм Мощность привода шпинделя – 3 кВт
8	Печь с соляной ванной TS 60/63	Максимальная температура – 750°C; Внутренние размеры тигеля (Д x В) – 610x800 мм; Потребляемая мощность – 70 кВт.
9		

Наименование перехода	Инструмент	Материал	Характеристики инструмента
Отрезная	Биметаллическое ленточное полотно Honsberg M42 3505x27x0.9		
Черновая подрезка торца	Резец подрезной ГОСТ 23076-78	T5K10	Держ $\varphi = 95^\circ$ <a href="https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/productdetails.aspx?c=DCLNR%202525M%2019">https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/productdetails.aspx?c=DCLNR%202525M%2019</a> Пласт <a href="https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/productdetails.aspx?c=CNMG%2019%2006%2016-PR%20%20%20%204325">https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/productdetails.aspx?c=CNMG%2019%2006%2016-PR%20%20%20%204325</a>
Чистовая подрезка торца	Резец подрезной ГОСТ 23076-78	T30K4	
Точение наружное черновое	Резец проходной упорный ГОСТ 18870-73	T5K10	
Точение наружное получистовое	Резец проходной упорный ГОСТ 18870-73	T5K10	
Точение контурное наружное получистовое			

Сверление отверстия насквозь	Сверло спиральное	P6M5	Сверло 2301-3554 ГОСТ 10903-77
Рассверливание	Сверло спиральное	P6M5	
Растачивание черновое	Резец расточной для глухих отв.	T5K10	
Растачивание чистовое контурное		T30K4	
Фрезерование черновое			
Фрезерование чистовое			
Чистовое точение после заковки			
Шлифование наружное			Шлифовальный круг размерами 355 x 50 x 127 мм
Шлифование внутреннее			
Сверление отверстия Ø5,8 мм			
Развертывание			
Полирование			

### 1.9. Расчет режимов резания

Расчёт режимов резания на станках без ЧПУ проведём по методике, указанной в [7]. При назначении элементов режимов резания ( $V$  – скорость резания, м/мин,  $S$  – подача в мм/об) учитывают характер обработки тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Режимы резания будем рассчитывать по переходам для каждой из операций:

#### 1. Ленточно-отрезная операция

Подачу и скорость резания примем исходя из рекомендации [4, с.293]:

Таблица 1.9 – Параметры резания для заготовительной операции

$S_M$ , мм/мин	$V$ , м/мин
50	8

Основное время для отрезной операции:

$$t_0 = \frac{D_3}{S_M} = \frac{200 \text{ мм}}{50} = 4 \text{ мин}$$

где  $D_3$  – диаметр заготовки, мм,  $S_M$  – подача ленточного полотна, мм/мин. Тогда основное время для отрезной операции:

Операция токарная с ЧПУ.

Черновая подрезка торца.

Выберем инструмент и его материал в зависимости от перехода по методике, описанной в [7]. Используем резцы из быстрорежущей стали Р6М5 и с твёрдосплавными пластинами. Учтем, что для каждой операции есть предпочтительная марка сплава, а также свои параметры резания, благодаря чему режимы резания будут отличаться друг от друга. Поэтому отличающиеся параметры и посчитанные режимы резания занесем в таблицу.

**Операция: 005.** Переход: 1. Черновая подрезка торца.

Таблица 1.10 – Режимы резания на переходе 1

Параметры инструмента – Т15К6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	t	5	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	s	0,5	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	T	30	$K_{v3}$	0,92
Табличная скорость резания, м/мин	$v_0$	103	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания, Н	$P_z$	7910	$K_{v5}$	-
Эффективная мощность, кВт	$N_s$	13,2	$K_{v6}$	1
Главный угол в плане, °	$\varphi$	90	$K_v$	1,1
Действительная скорость резания, м/мин	v	113,3		

Найдем поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6} = 1$$

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 103,3}{\pi \cdot 200} = 165 \text{ об/мин}$$

Операция: 005. Переход: 2. Чистовая подрезка торца

Таблица 1.11 – Режимы резания на переходе 2

Параметры инструмента – Т15К6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	t	0,5	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	s	0,15	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	T	30	$K_{v3}$	0,7
Табличная скорость резания, м/мин	$v_0$	246	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания,	$P_z$	200	$K_{v5}$	-

Эффективная мощность, кВт	$N_3$	0,8	$K_{v6}$	1,25
Главный угол в плане	$\varphi$	75	$K_v$	1
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	246		

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 61}{\pi \cdot 185} = 105 \text{ об/мин}$$

Операция: 005. Переход: 3. Черновое обтачивание

Таблица 1.12 – Режимы резания на переходе 3

Параметры инструмента – Т15К6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	t	12	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	s	1	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	T	30	$K_{v3}$	0,7
Табличная скорость резания,	$v_0$	43	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания,	$P_z$	22300	$K_{v5}$	-
Эффективная мощность, кВт	$N_3$	18,6	$K_{v6}$	1,20
Главный угол в плане	$\varphi$	75	$K_v$	0,97
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	41,5		

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 246}{\pi \cdot 200} = 391,7 \text{ об/мин}$$

Операция: 005. Переход: 4. Получистовое обтачивание

Таблица 1.13 – Режимы резания на переходе 4

Параметры инструмента – Т15К6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	t	2	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	s	0,8	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	T	30	$K_{v3}$	0,7
Табличная скорость резания,	$v_0$	89	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания	$P_z$	7360	$K_{v5}$	-

Эффективная мощность, кВт	$N_3$	10,6	$K_{v6}$	1,20
Главный угол в плане	$\varphi$	75	$K_v$	0,97
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	86		

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6} = 0,97$$

Операция: 005. Переход: 5. Точение канавки

Для выбора оптимальных режимов резания воспользуемся рекомендацией производителя:

Таблица 1.14 – Режимы резания на переходе 5

t, мм	s, мм/об	v, м/мин	T, мин	$P_z$ , Н	$N_3$ , кВт
2	0,2	300	40	500	1,7

Операция: 005. Переход: 6. Черновая подрезка торца

Таблица 1.15 – Режимы резания на переходе 6

Параметры инструмента – Т15К6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	t	5	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	s	0,8	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	T	30	$K_{v3}$	0,81
Табличная скорость резания,	$v_0$	89	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания,	$P_z$	7360	$K_{v5}$	-
Эффективная мощность, кВт	$N_3$	10,6	$K_{v6}$	1,25
Главный угол в плане	$\varphi$	95	$K_v$	1,16
Действительная скорость резания	$v$	103		

Операция: 005. Переход: 7. Чистовая подрезка торца

Таблица 1.16 – Режимы резания на переходе 7

Параметры инструмента – Т15К6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	t	0,5	$K_{v1}$	1

Подача, мм/об	$s$	0,15	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	$T$	30	$K_{v3}$	0,7
Табличная скорость резания, м/мин	$v_0$	246	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания,	$P_z$	200	$K_{v5}$	-
Эффективная мощность, кВт	$N_3$	0,8	$K_{v6}$	1,25
Главный угол в плане	$\varphi$	75	$K_v$	1
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	246		

Операция: 005. Переход: 8. Черновое обтачивание

Таблица 1.17 – Режимы резания на переходе 8

Параметры инструмента – Т15К6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	$t$	8	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	$s$	0,8	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	$T$	30	$K_{v3}$	0,92
Табличная скорость резания,	$v_0$	83	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания,	$P_z$	11600	$K_{v5}$	-
Эффективная мощность, кВт	$N_3$	15,7	$K_{v6}$	1
Главный угол в плане	$\varphi$	90	$K_v$	1,1
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	91,3		

Операция: 005. Переход: 9. Полуцистовое обтачивание

Так как необходимо получить шероховатость  $Ra = 10$  мкм, то необходимо использовать резец со следующими параметрами: радиус при вершине  $\rho = 0,5$ ,  $s = 0,16$ .

Таблица 1.18 – Режимы резания на переходе 9

Параметры инструмента – Т15К6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	$t$	1	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	$s$	0,16	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	$T$	30	$K_{v3}$	0,92

Табличная скорость резания,	$v_0$	222	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания,	$P_z$	400	$K_{v5}$	-
Эффективная мощность, кВт	$N_3$	1,45	$K_{v6}$	1,05
Главный угол в плане	$\varphi$	60	$K_v$	1,02
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	227		

Операция: 005. Переход: 10. Точение канавки

Таблица 1.19 – Режимы резания на переходе 10

Параметры инструмента – Т15К6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	t	1	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	s	0,16	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	T	30	$K_{v3}$	0,92
Табличная скорость резания,	$v_0$	222	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания,	$P_z$	400	$K_{v5}$	-
Эффективная мощность, кВт	$N_3$	1,45	$K_{v6}$	1
Главный угол в плане	$\varphi$	90	$K_v$	1,02
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	227		

Операция: 005. Переход: 11. Сверление отверстия

Таблица 1.20 – Режимы резания на переходе 11

Параметры инструмента – Р6М5			Поправочный коэффициент	
Диаметр отверстия, мм	d	30	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	s	0,2	$K_{v2}$	0,94
Частота вращения шпинделя, об/мин	n	290	-	-
Табличная скорость резания,	$v_0$	22	-	-

Радиальная составляющая силы резания,	$P_0$	8560	-	-
Эффективная мощность, кВт	$N_э$	1,8	-	-
Главный угол в плане	$M_{кр}$	6160	$K_v$	0,94
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	20,7		

Операция: 005. Переход: 12. Рассверливание отверстия

Таблица 1.21 – Режимы резания на переходе 12

Параметры инструмента – Т15К6			Поправочный коэффициент	
Диаметр отверстия, мм	$d$	60	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	$s$	0,6	$K_{v2}$	0,94
Частота вращения шпинделя, об/мин	$n$	150	-	
Табличная скорость резания,	$v_0$	17		
Радиальная составляющая силы резания,	$P_0$	11560		
Эффективная мощность, кВт	$N_э$	2,8		
Главный угол в плане	$M_{кр}$	9540	$K_v$	0,94
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	16		

Операция: 005. Переход: 13. Черновое растачивание

Таблица 1.22 – Режимы резания на переходе 13

Параметры инструмента – T15K6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	$t$	5	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	$s$	0,8	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	$T$	30	$K_{v3}$	0,92
Табличная скорость резания,	$v_0$	89	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания,	$P_z$	7360	$K_{v5}$	0,85
Эффективная мощность, кВт	$N_3$	10,6	$K_{v6}$	-
Главный угол в плане	$\varphi$	90	$K_v$	0,9
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	80,1		

Операция: 005. Переход: 14. Чистовое растачивание

Так как необходимо получить шероховатость  $Ra = 10$  мкм, то необходимо использовать резец со следующими параметрами: радиус при вершине  $\rho = 0,5..1,0$ ,  $s = 0,12$ .

Таблица 1.23 – Режимы резания на переходе 14

Параметры инструмента – T15K6			Поправочный коэффициент	
Глубина резания мм	$t$	0,5	$K_{v1}$	1
Подача, мм/об	$s$	0,12	$K_{v2}$	1
Период стойкости инструмента, мин	$T$	30	$K_{v3}$	0,92
Табличная скорость резания,	$v_0$	262	$K_{v4}$	1,15
Радиальная составляющая силы резания,	$P_z$	150	$K_{v5}$	0,85
Эффективная мощность, кВт	$N_3$	0,63	$K_{v6}$	-
Главный угол в плане	$\varphi$	60	$K_v$	0,9
Действительная скорость резания, м/мин	$v$	236		

Операция: 005. Переход: 15. Точение канавки

Для данного перехода так же воспользуемся оптимальными режимами резания, предложенными производителем:

Таблица 1.24 – Режимы резания на переходе 15

t, мм	s, мм/об	v, м/мин	T, мин	P <sub>z</sub> , Н	N <sub>э</sub> , кВт
2	0,2	300	40	500	1,7

**Операция: 010.** Переходы: 1 и 2. Фрезерование с ЧПУ

Для расчет данной операции воспользуемся методикой, описанной в [4]. Фрезерование выполняется твердосплавными концевыми фрезами с коронками из материала T15K6.

Окружная скорость фрезы:

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x s_z^y B^u z^p}$$

где  $C_v, K_v$  – поправочные коэффициенты,  $D$  – диаметр фрезы, мм,  $T$  – стойкость инструмента, мин,  $t$  – глубина резания, мм,  $s$  – подача мм/об,  $B$  – ширина фрезерования, мм,  $z$  – число зубьев фрезы,  $m, x, y, u, p$  – показатели степеней, которые назначаются по справочнику [4, с. 410]. Примем следующие данные:

Таблица 1.25 – Параметры резания операции 010

Параметр	Значение		Параметр	Значение	
	черновое	чистовое		черновое	чистовое
$D$ , мм	20		$z$	4	
$t$ , мм	2	1	$q$	0,44	
$s_z$ , мм	0,07	0,08	$x$	0,24	
$C_v$	145		$y$	0,26	
$K_v$	1,2		$u$	0,1	
$T$ , мин	80		$p$	0,13	
$B$ , мм	3	1	$m$	0,37	

Скорость резания при черновом фрезеровании:

$$V = \frac{145 \cdot 20^{0,44} \cdot 1,2}{80^{0,37} \cdot 2^{0,24} \cdot 0,07^{0,26} \cdot 23^{0,1} \cdot 4^{0,13}} = 169,5 \approx 170 \text{ м/мин.}$$

Скорость резания при чистовом фрезеровании:

$$V = \frac{145 \cdot 20^{0,44} \cdot 1,2}{80^{0,37} \cdot 1^{0,24} \cdot 0,08^{0,26} \cdot 1^{0,1} \cdot 4^{0,13}} = 206 \approx 210 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения при черновом фрезеровании  $n$ :

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 170}{\pi \cdot 20} = 2707 \text{ об/мин.}$$

Частота вращения при чистовом фрезеровании  $n$ :

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 210}{\pi \cdot 20} = 3343 \text{ об/мин.}$$

Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z K_{mp}}{D^q n^w},$$

где  $z$  – число зубьев фрезы,  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин.

$$K_{mp} = K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{850}\right)^1 = 0,7$$

Значения  $C_p$  и коэффициентов найдём по таблице [4, с. 412]

Таблица 1.26 – Силовые параметры фрезерования

$C_p$	$x$	$y$	$u$	$q$	$w$
12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13

Сила резания при черновом фрезеровании:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 2^{0,85} \cdot 0,07^{0,75} \cdot 2^1 \cdot 4 \cdot 0,7}{20^{0,73} \cdot 2707^{-0,13}} = 86,9 \text{ Н.}$$

Крутящий момент на шпинделе  $M_{кр}$ , Н · м:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{87 \cdot 20}{200} = 8,7 \approx 9 \text{ Н · м.}$$

Эффективная мощность резания  $N_e$ :

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{87 \cdot 170}{1020 \cdot 60} = 0,24 \text{ кВт}$$

Сила резания при чистовом фрезеровании:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 1^{0,85} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 1^1 \cdot 4 \cdot 1,13}{20^{0,73} \cdot 2388^{-0,13}} = 26,2 \text{ Н.}$$

Крутящий момент на шпинделе  $M_{кр}$ , Н · м:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{26,2 \cdot 20}{200} = 2,62 \approx 3 \text{ Н · м.}$$

Эффективная мощность резания  $N_e$ :

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{26,2 \cdot 210}{1020 \cdot 60} = 0,09 \text{ кВт}$$

**Операция: 010.** Переход: 3. Сверление отверстия

Выбираем сверло из быстрорежущей стали Р6М5

Скорость резания для сверления определяется как  $V$ , м/мин:

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m S^y}$$

где  $C_v, K_v$  – поправочные коэффициенты,  $D$  – диаметр сверления,  $T$  – стойкость инструмента, мин,  $S$  – подача мм/об. Примем следующие данные из таблиц:

Таблица 1.27 – Параметры резания при сверлении

$D$ , мм	$T$ , мин	$S$ , мм/об	$C_v$	$q$	$y$	$m$
5,8	25	0,15	7	0,4	0,7	0,2

Значения показателя степеней для нахождения сил резания назначим по [4, с. 385]:

Таблица 1.28 – Поправочные коэффициенты на скорость резания

$K_{mv}$	$K_{iv}$	$K_{lv}$	$K_v$
0,85	0,75	1,0	0,64

Найдем коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} = 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,64$$

где  $K_{mv}, K_{iv}, K_{lv}$  – поправочные коэффициенты на обрабатываемый материал, инструментальный материал и глубину резания соответственно.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m S^y} = \frac{7 \cdot 5,8^{0,4} \cdot 0,64}{25^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} = 17,9 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 17,9}{\pi \cdot 5,8} = 982 \text{ об/мин}$$

Найдем крутящий момент  $M_{кр}$  и осевую силу  $P_0$  по формулам:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p,$$

$$P_0 = 10 C_P D^q S^y K_p,$$

где  $C_M, C_P, K_p$  – поправочные коэффициенты по таблицам [4, с.385]:

Таблица 1.29 – Силовые параметры сверления

Для момента			Для силы			
$C_M$	$q$	$y$	$C_P$	$q$	$y$	$K_p$
0,0345	2,0	0,8	6,8	1,0	0,7	1,13

Тогда момент и осевая сила:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5,8^2 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1,13 = 3,48 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = 10 \cdot 6,8 \cdot 5,8^2 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1,13 = 685 \text{ Н}$$

Мощность резания  $N$  определим по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{3,48 \cdot 982}{9750} = 0,35 \text{ кВт}$$

**Операция: 025.** Переход: 1. Точение закаленной стали

Используем токарный резец с механическим креплением твёрдосплавных пластин ВК8.

Скорость точения  $V$ , подачу  $s$  и глубину резания  $t$  примем из таблицы 20 [4, с.370]. Также выберем поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от материала инструмента, качества поверхности, наличия/отсутствия СОЖ, главного угла в плане.

Скорость резания  $V$ , м/мин:

$$V = 71 \cdot 1,15 \cdot 0,9 \cdot 0,83 \cdot 0,9 \cdot 1 = 61$$

Таблица 1.30 – Параметры резания при точении закаленной стали

$V$	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$K_{mv}$	$K_{pv}$	$K_{iv}$	$K_v$
61	0,5	0,5	0,375	0,85	0,83	0,27

Найдем коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv},$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий материала заготовки,  $K_{pv}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности,  $K_{iv}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента. Воспользуемся таблицами в [4, с.358-363]:

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \cdot \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{1600} \right)^1 = 0,375$$

Тогда коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = 0,85 \cdot 0,83 \cdot 0,375 = 0,27$$

Частота вращения:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 61}{\pi \cdot 185} = 105 \text{ об/мин.}$$

**Операция: 030.** Переходы 1 и 2. Торцевкруглошлифование

Выбираем шлифовальный круг из электрокорунда зернистостью 40 и твердостью СМ1.

Таблица 1.31 – Параметры торцевкруглошлифования

Пере-ход	$v_K$	$v_3$	$t$	$s$ , м/мин	$C_N$	$r$	$x$	$y$	$q$	$z$
1	30	40	0,005	0,4В	2,65	0,5	0,5	0,55	-	-
2	30	30	0,005	-	0,7	0,7	0,5	0,5	-	-

Расчет продольной подачи для перехода 1:

$$s(\text{мм/об}) = s(\text{м/мин}) \frac{d \cdot \pi}{1000 \cdot v_3} = 0,0031$$

Мощность резания для перехода 1:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 2,65 \cdot 40 \cdot 0,005^{0,5} \cdot 0,0031^{0,55} \cdot 100^q = 4,97 \text{ кВт}$$

Мощность резания для перехода 2:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot b^z = 0,7 \cdot 30^{0,7} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 45^{0,3} = 1,67 \text{ кВт}$$

**Операция: 035.** Внутреннее шлифование

Таблица 1.32 – Параметры внутреннего шлифования

Пере- ход	$v_k$	$v_3$	t	s, м/мин	$C_N$	r	x	y	q	z
1	30	50	0,005	0,4В	2,65	0,5	0,5	0,55	-	-
2	30	30	0,005	-	0,7	0,7	0,5	0,5	-	-
3	30	50								

## 2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

В ходе выполнения конструкторского раздела диплома было спроектировано приспособление для сверления и развертывания отверстия в детали «Втулка литниковая». Данное отверстие имеет диаметр 6 мм, глубину 10 мм, поле допуска Н8 и шероховатость Ra 2,5. Оно расположено на цилиндрической поверхности втулки, на расстоянии  $6 \pm 0,15$  от одного из торцев, все остальные требования по ГОСТ 30893.1-2002 и ГОСТ 30893.2-2002.

Отверстие, соответствующее данным требованиям, можно получить сначала просверлив, а затем развернув отверстие. В операции зенкерования нет необходимости, так как для отверстий диаметром до 6 мм не предусматривается последовательная обработка сверлом, зенкером и разверткой, а зенкер не обеспечивает заданное качество поверхности. Можно предложить несколько вариантов выполнения данной задачи исходя из маршрута обработки детали, а именно наличия в нем термической обработки (ТО).

1. Сверление → (ТО) → Развертывание;
2. Фрезерование → (ТО) → Развертывание;
3. (ТО) → Сверление → Развертывание.

Наименее рационален первый вариант, так как он добавляет в маршрут сразу две сверлильные операции, на каждой из которых придется закреплять и раскреплять деталь, настраивать станок и т.д., то есть увеличится вспомогательное, а за счет него и основное время. Второй вариант позволит выполнить сверление отверстия на пяти-координатном фрезерном центре, воспользовавшись сменным инструментом из магазина. Это позволит очень точно выполнить сверление относительно паза детали, так как станок будет работать в одной и той же системе координат, но приведет к увеличению затрат, так как машинное время этого станка дороже, чем любого другого.

Наиболее рационален третий вариант, когда отверстие будет сверлиться после термической обработки, так как у него есть следующие плюсы: во-первых, можно использовать одно приспособление для сверления и развертывания. Во-вторых, отверстие будет обработано и получено за один установ, что важно при работе с разверткой, особенно, при развертывании закаленных сталей. Также обработка ведется от начисто обработанных поверхностей, что позволяет получить точное отверстие. В-третьих, экономится вспомогательное время, так как смена инструмента и замена быстросъемной кондукторной втулки не занимает много времени. Кроме того, отверстие небольшого диаметра и глубины, а значит, силы резания не будут критичны при сверлении сплавом ВК8.

Описание задания

Цель данного раздела разработать приспособление для получения отверстия диаметром 6 мм, соответствующего конструкторским требованиям, то есть имеющего.

Задачу разработки приспособления делает интереснее расположение отверстия на поверхности вращения, из-за чего остро встает вопрос закрепления заготовки на столе вертикально-сверлильного станка. Составим список требований к проектируемому приспособлению.

- Простота конструкции, возможность изготовления на собственном производстве;
- Простота использования;
- Сокращение вспомогательного времени на данной операции;
- Ремонтопригодность;
- Заменяемость деталей, подвергающихся износу;
- Нетребовательность к квалификации рабочего

### 2.1. Конструкция разработанного приспособления

Для качественной механической обработки заготовку необходимо жестко закрепить в приспособлении. Для тел вращения при базировании по цилиндрической поверхности предусмотрены стандартные конструкции приспособлений, такие как оправки, центра, конусы, призмы, тиски с призматическими губками и так далее. Кроме базирования по цилиндрической поверхности необходимо предусмотреть часть приспособления, которая выравнивает выфрезерованный паз и ось отверстия.

Основными деталями приспособления являются два конуса (1,2), один из которых срезан, основания (3), эксцентрикового прижима (4), кондукторной плиты (5) и кондукторной втулки (6). Общий вид представлен на рисунках 2.1, 2.2.

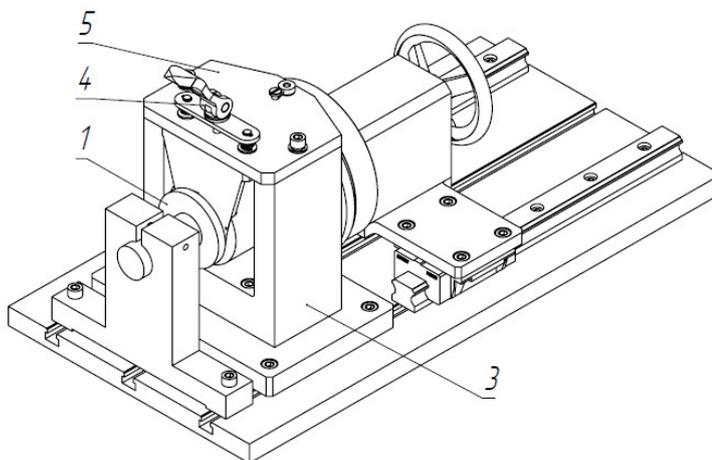


Рисунок 2.1 – Общий вид приспособления

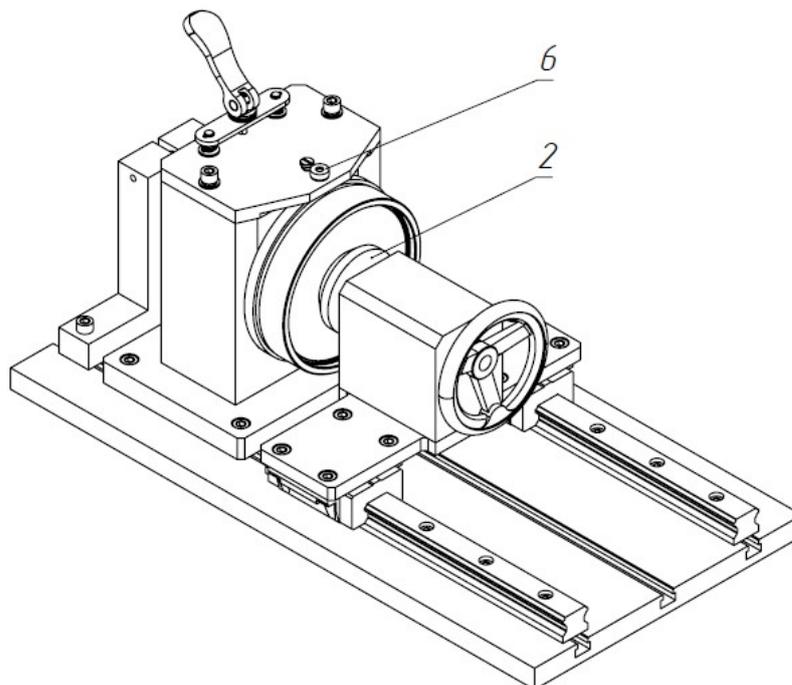


Рисунок 2.2 – Общий вид приспособления

Обрабатываемая деталь устанавливается в конуса и поджимается до выфрезерованного в кондукторной плите паза. Задний конус установлен в оправке имеющей маховик для продольной подачи. С помощью этого возможно поджатие обрабатываемой детали. Оправка перемещается по рельсовым направляющим. Это дает возможность беспрепятственно вытащить деталь, откатив оправку по направляющим.

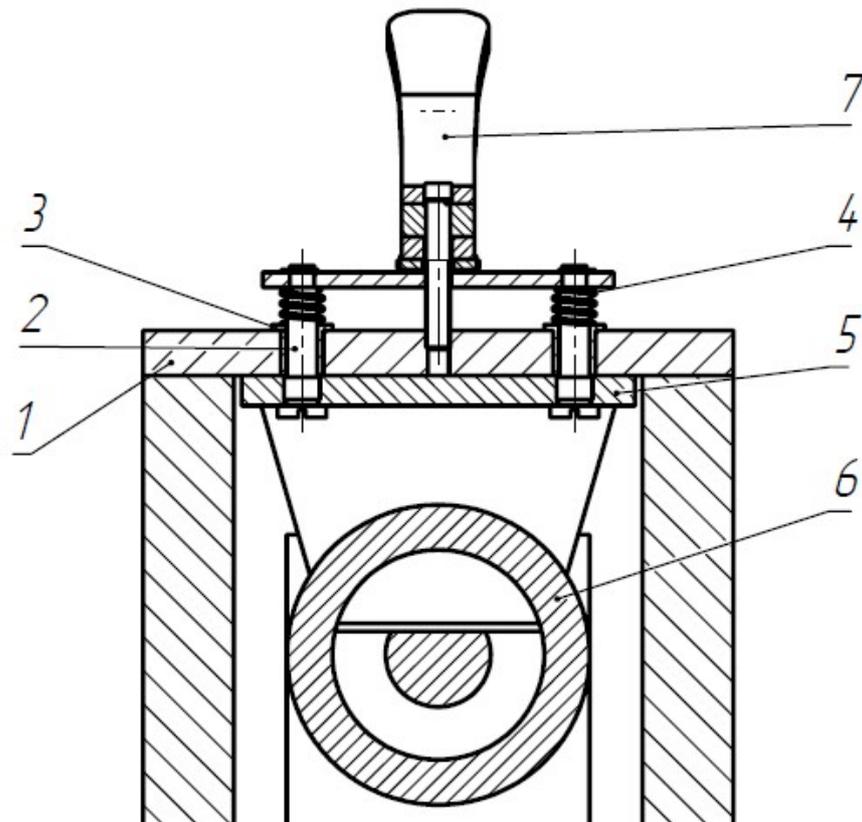


Рисунок 2.3 – Приспособление

Для выравнивания выфрезерованного паза с осью обрабатываемого отверстия (Рис. 2.3), используется конусный прижим (5), который перемещается по направляющим (3), закрепленным в кондукторной плите (1). Направляющие изготовлены из бронзы и запрессованы в кондукторную плиту. Конусный прижим жестко связаны с осями (2), которые непосредственно перемещаются в бронзовых направляющих. Оси связаны общей планкой. В неподжатом состоянии конусный прижим отжат, благодаря пружинам (4). При нажатии эксцентрикового прижима (7), который в свою очередь вкручен в кондукторную плиту, прижим давит на общую планку, которая упирается в буртик на осях, тем самым давя на конусный прижим (5), что дает зафиксировать обрабатываемую деталь (6), в требуемом положении.

В качестве направляющей для сверла и развертки в данном приспособлении (Рис.2.4) используется быстросъемная кондукторная втулка (4). Втулка вставляется в кондукторную плиту (1) через переходную кондукторную втулку (5), которая запрессована в кондукторной плите. Для крепления быстросъемной кондукторной втулки используются штифт (3) и ступенчатый винт (2).

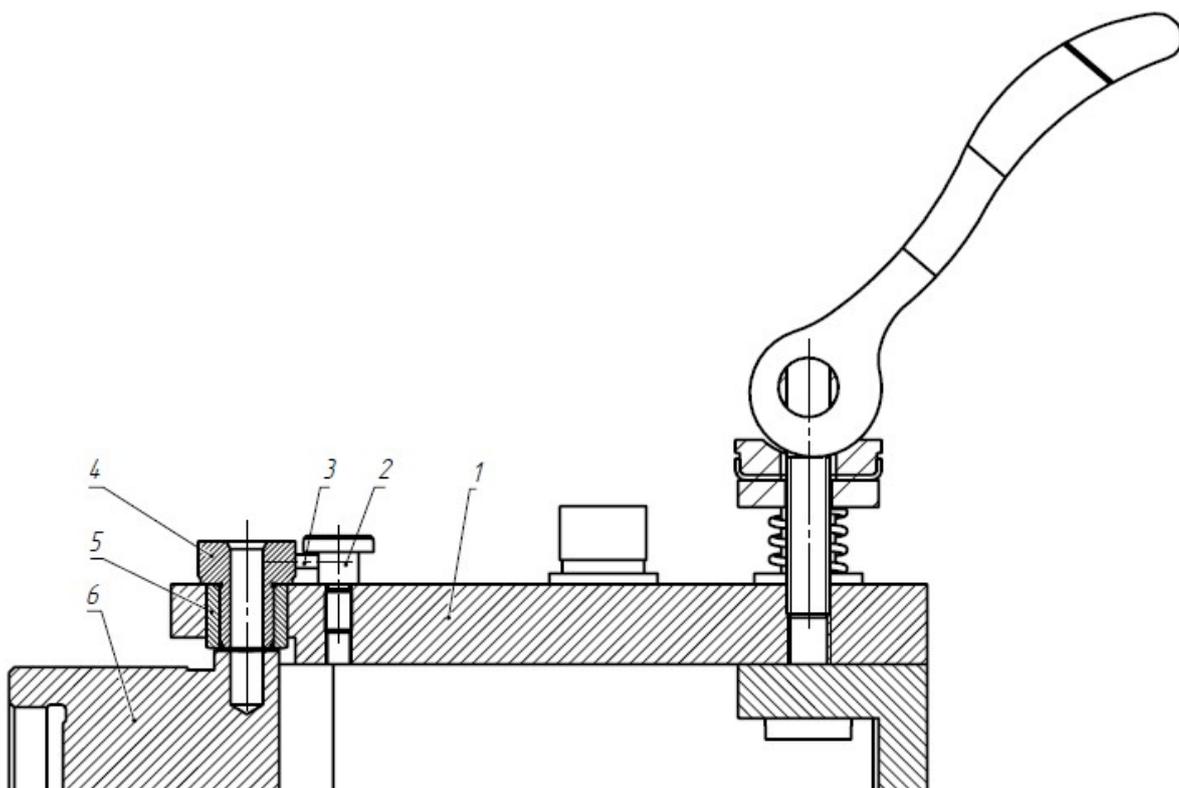


Рисунок 2.4 - Приспособление

### 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Л15А	Горовко М.О

<b>Школа</b>	<b>ИНШПТ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Материаловедение</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/ специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Производится расчет стоимости материальных ресурсов, затрат на специальное оборудование, оплату труда, отчисления во внебюджетные фонды, рассчитываются накладные расходы. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Материально-технические ресурсы: компьютер (45 000 р);</li> <li>• оборудование (20 095 253р).</li> </ul>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30% премии; 20% надбавки; 12% дополнительная заработная плата; 16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Страховые взносы 30%

<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Разработать оценочную карту для сравнения конкурентных технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составить план реализации проекта, построить график Ганта, сформировать бюджет
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определить эффективность разработки

<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. График проведения и бюджет НИ</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Скаковская Н.В.	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л15А	Горовко М.О.		



### 3.1. Введение

В современном мире, в условиях постоянно растущей конкуренции одним из центральных факторов усиления конкурентоспособности является применение инновационных разработок.

Согласно статистическим данным, лишь 6-8 % научных исследований достигают стадии внедрения. В связи с этим, еще на стадии научных исследований, необходимо оценивать их коммерческий потенциал, и в случае утери ими коммерческой ценности прекратить исследования или перепрофилировать их во что-то более привлекательное с данной точки зрения.

Обязательность оценки коммерческого потенциала исследований диктуется тем, что от стадии исследований до момента внедрения в производство происходит резкое увеличение затрат до 10 раз. Своевременная и профессиональная оценка коммерческой перспективности исследования позволит значительно сократить как интеллектуальные, финансовые так и прочие трудновосполняемые ресурсы.

Целью данного раздела является определение коммерческого потенциала научной работы.

Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Потенциальные потребители

Для осуществления анализа потребителей данной услуги было произведено рассмотрение целевого рынка и его сегментирование.

С учетом специфики основными критериями были выбраны: отрасль

«машиностроение», продукция – втулка литниковая пресс формы, тип производства – мелкосерийное.

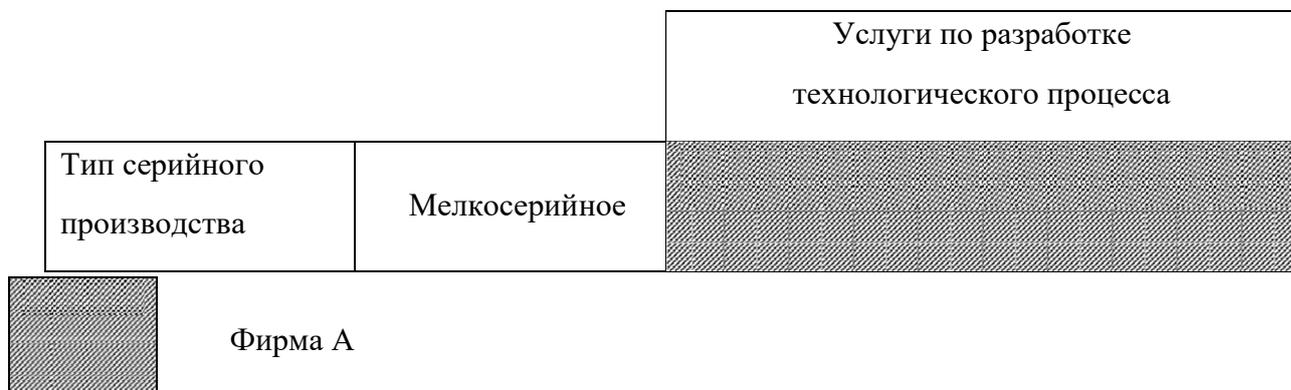


Рис. 3.1 - Карта сегментирования рынка услуг

Установлено, что предложения на рынке услуг по разработке данного технологического процесса основаны на совершенствовании процесса изготовления при

мелкосерийном производстве. Конкуренция на рынке по разработке данной детали не является большой, в связи со спецификой самой детали и областью ее применения. Преимуществами разработанного технологического процесса являются: большая производительность и низкая трудоемкость.

Выход разработки на крупносерийное и массовое производство маловероятен, в связи со стоимостью детали и достаточно низким спросом на неё.

### **Оценка конкурентоспособности проекта по технологии QuaD**

Технология QuaD (QualityAdvisor) позволяет осуществлять количественную оценку качественных характеристик. Эти характеристики позволяют принимать решение о том, насколько экономически выгодно вложение средств в проект.

#### **1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:**

- Производственная мощность;
- Энергоэффективность;
- Качество выпускаемой продукции;
- Потребность в дополнительной оснастке;
- Скорость производства;
- Сложность исполнения;
- Трудоемкость;
- Ресурсоемкость;
- Безопасность;
- Экологичность;
- Технологичность.

#### **2) Показатели оценки качества разработки:**

- Конкурентоспособность продукта;
- Ликвидность;
- Перспективность рынка;
- Цена;
- Послепродажное обслуживание;
- Срок выхода на рынок;

Перспективность разработки согласно технологии QuaD оценивается, учитывая экономические и технические особенности проекта.

Согласно технологии QuaD оценивание показателей происходит по 100-бальной шкале. Максимально слабая позиция занимает показатель равный 1, максимально сильная - 100. При суммировании все показатели должны равняться 1.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1. Производственная мощность	0,05	80	100	0,8	0,04
2. Энергоэффективность	0,06	50	100	0,5	0,03
3. Качество выпускаемой продукции	0,05	95	100	0,5	0,045
4. Потребность в дополнительной оснастке	0,07	60	100	0,6	0,042
5. Скорость производства	0,04	70	100	0,7	0,028
6. Сложность исполнения	0,07	60	100	0,6	0,042
7. Трудоемкость	0,07	40	100	0,4	0,028
8. Ресурсоемкость	0,1	40	100	0,4	0,04
9. Безопасность	0,05	95	100	0,95	0,0475
10. Экологичность	0,05	90	100	0,9	0,045
11. Технологичность	0,1	80	100	0,8	0,08
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
12. Конкурентоспособность продукта	0,05	90	100	0,9	0,045
13. Ликвидность	0,09	80	100	0,8	0,072
14. Перспективность рынка	0,04	40	100	0,4	0,016
15. Цена	0,06	70	100	0,7	0,042
16. Послепродажное обслуживание	0,04	20	100	0,2	0,008
17. Срок выхода на рынок	0,01	40	100	0,4	0,004
<b>Итого</b>	1				<b>0,654</b>

Средневзвешенное значение 0,654 отражает, что перспективность технологического процесса достаточно высока.

### SWOT-анализ

SWOT-анализ - это один из основных видов анализа в менеджменте. Его применение позволяет комплексно исследовать технический проект, определить сильные и слабые его стороны, потенциальные угрозы и благоприятные возможности. Проводится анализ в несколько этапов. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – матрица SWOT

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	С1. Высокая технологичность проекта.	Сл1. Узкоспециальное назначение разработки.
	С2. Более низкая стоимость производства в сравнении с другими процессами.	Сл2. Ограниченный круг потенциальных потребителей.
	С3. Высокая производительность труда.	Сл3. Проект направлен на применение высокотехнологичного оборудования.
	С4. Минимальное влияние человеческого фактора.	Сл4. Необходимость повышения квалификации кадров потенциальных потребителей.
	С5. Конкурентоспособность проекта.	Сл5. Необходимость создания/покупки новой технологической оснастки.
Возможности:	В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. В2. Дотации государства. В3. Возникновение дополнительного спроса на продукт. В4. Дорогостоящие конкурентные разработки. В5. Сокращение сроков исполнения заказов.	
Угрозы:		У1. Недостаточно стабильная экономическая ситуация в стране. У2. Пониженный спрос на новые технологии производства. У3. Возможное ограничение на экспорт технологии. У4. Большая конкуренция технологий производства. У5. Наличие барьеров

Второй этап. Интерактивная матрица проекта.

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	0	-	-
	B2	+	+	-	-	+
	B3	+	+	+	0	+
	B4	+	+	-	0	+
	B5	+	-	+	+	+
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	0	+	-	-
	B2	+	+	+	0	+
	B3	+	+	+	0	-
	B4	0	+	+	0	+
	B5	0	+	+	+	+
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	-	-	0
	У2	+	+	+	-	-
	У3	+	+	+	0	+
	У4	+	+	+	0	+
	У5	+	-	0	-	+
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	+	+	+
	У2	+	+	+	+	+
	У3	+	+	-	-	-
	У4	-	+	+	+	-
	У5	+	-	+	-	+

Третий этап. Итоговая матрица SWOT-анализа.

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	С1. Высокая технологичность проекта.	Сл1. Узкоспециальное назначение разработки.
	С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологическими процессами.	Сл2. Ограниченный круг потенциальных потребителей.
	С3. Высокая производительность труда.	Сл3. Проект направлен на применение высокотехнологичного оборудования.
	С4. Минимальное влияние человеческого фактора.	Сл4. Необходимость повышения квалификации кадров потенциальных потребителей.
	С5. Конкуренентоспособность проекта.	Сл5. Необходимость создания/покупки новой технологической оснастки.
Возможности:	В1, С1, С2	В1, Сл1, Сл3
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.	В2, С1, С2С5	В2, Сл1, Сл2, Сл3, Сл5
	В3, С1, С2, С3, С5	В4, Сл1, Сл2, Сл3
	В4, С1, С2, С5	В4, Сл2, Сл3, Сл5
В2. Дотация государства.  В3. Возникновение дополнительного спроса на продукт.  В4. Дорогостоящие конкурентные разработки.  В5. Сокращение сроков выполнения заказов.	В5, С1, С3, С4, С5	В5, Сл 2, Сл3, Сл4, Сл5

Угрозы:	У1С2	У1Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5
У1. Недостаточно стабильная экономическая ситуация в стране.	У2С1С2С3 У3С1С2С3С5 У4С1С2С3С5 У5С1С5	У2Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5 У3Сл1Сл2 У4Сл2Сл3Сл4 У5Сл1Сл3Сл5
У2. Пониженный спрос на новые технологии производства.		
У3. Возможное ограничение на экспорт технологии.		
У4. Большая конкуренция технологий производства.		
У5. Наличие барьеров для входа на рынок.		

Проведя анализ представленных интерактивных матриц, получаем итоговую матрицу, в которой отражены самые важные аспекты, через которые мы можем увидеть как сильные, так и слабые стороны проекта.

### 3.2. Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.3. Структура работ в рамках научного исследования

Определение этапов работ.

Таблица 3.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ работ	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Разработка и согласование технического задания	Руководитель темы
Выбор направления	2	Выбор направления исследования	Руководитель темы, инженер

исследования	3	Ознакомление с нормативно-технической базой	Инженер
Разработка технологического процесса	4	Анализ конструкции и технологичности	Инженер
	5	Определение типа производства	Инженер
	6	Выбор заготовки	Инженер
	7	Разработка маршрутной технологии	Инженер
	8	Размерный анализ	Инженер
	9	Назначение допусков	Инженер
	10	Расчет припусков	Инженер
	11	Выбор режимов резания	Инженер
	12	Выбор средств технологического оснащения	Инженер
	13	Нормирование времени	Инженер
разработка конструкции приспособления	14	Разработка принципиальной схемы	Руководитель
	15	Определение погрешности установки	Инженер
	16	Расчет сил резания и потребных сил закрепления	Инженер
	17	Определение основных параметров и силовых характеристик в механизмах зажима	Инженер
Обобщение и оценка результатов	18	Оценка полученных результатов	Руководитель темы, инженер

### 3.4. Определение трудоемкости выполнения работ

Оценка трудоемкости выполнения работ не может быть спрогнозирована со 100% вероятностью, так как существует достаточно большое количество факторов, спрогнозировать которые можно с малой степенью вероятности.

Ожидаемое значение трудоемкости  $t_{ожі}$  рассчитывается по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min} + 2t_{maxі}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{min і}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка), чел.-дн.;

$t_{max і}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка), чел.-дн.

Ожидаемые значения трудоемкости выполнения  $i$ -ой работы приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Трудоемкость работ

№ работы	$t_{\min i}$ , чел.-дн.	$t_{\max i}$ , чел.-дн.	$t_{ожі}$ , чел.-дн.
1	2,5	7	4,5
2	2	3	2,4
3	2	4,5	3
4	1	3,5	2
5	1	1,5	1,2
6	1	1,5	1,2
7	2	7	4
8	3	4	3,5
9	1	3,5	2
10	1	3,5	2
11	2	4,5	3
12	1	1,5	1,2
13	2	4,5	3
14	1	3,5	2
15	2	4,5	3
16	2	4,5	3
17	2	4,5	3
18	2	7	4

Продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , которая учитывает то, что некоторые работы выполняются сразу несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где,  $T_{pi}$  – продолжительность  $i$  – ой работы в рабочих днях;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$Ч_i$ — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Ожидаемые продолжительности выполнения  $i$ -ой работы приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Продолжительность работ

№ работы	$t_{ож\ i}$ , чел.-дн.	$Ч_i$ , чел.	$T_{р\ i}$ , раб.дн.
1	4,5	1	4,5
2	2,4	2	1,2
3	3	1	3
4	2	1	2
5	1,2	1	1,2
6	1,2	1	1,2
7	4	1	4
8	3,5	1	3,5
9	2	1	2
10	2	1	2
11	3	1	3
12	1,2	1	1,2
13	3	1	3
14	2	1	2
15	3	1	3
16	3	1	3
17	3	1	3
18	4	2	2

Разработка графика выполнения дипломной работы

Для создания диаграммы Ганта определяется длительность каждого из этапов работ, которая из рабочих дней переведена в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{kj}$$

где  $T_{ki}$ — продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -ой работы в рабочих днях;

$k_k$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_k = \frac{T_{кд}}{T_{кд} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где  $T_{кд}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности в 2019 году:

$$k_k = \frac{365}{365 - 103 - 15} = 1,48$$

Продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях приведена в таблице 3.6.

Таблица 3.6–Положительность работы в календарных днях

№ работы	$k_k$ , коэффициент календарности	$T_{pi}$ , рабочих дней	$T_{ki}$ , календарных дней
1	1,48	4,5	7
2	1,48	1,2	2
3	1,48	3	4
4	1,48	2	3
5	1,48	1,2	2
6	1,48	1,2	2
7	1,48	4	6
8	1,48	3,5	5
9	1,48	2	3
10	1,48	2	3
11	1,48	3	4
12	1,48	1,2	2
13	1,48	3	4
14	1,48	2	3
15	1,48	3	4

16	1,48	3	4
17	1,48	3	4
18	1,48	2	4

Все рассчитанные значения представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Временные показатели проведения исследования

Наименование работы	Трудоемкость работ, чел.-дн.			Должность исполнителя	Продолжительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Продолжительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{mi}$ n	$t_{ma}$ x	$t_{ож}$ i			
Разработка и согласование технического задания	1	2	1,4	Руководитель темы	4,5	7
Выбор направления исследования	1	2	1,4	Руководитель темы, инженер	1,2	2
Ознакомление с нормативно-технической базой	1	3	1,8	Инженер	3	4
Анализ конструкции и технологичности	0,5	1	0,7	Инженер	2	3

Определение типа производства	0,5	1	0,7	Инженер	1,2	2
Выбор заготовки	0,5	1	0,7	Инженер	1,2	2
Разработка маршрутной технологии	2	3	2,4	Инженер	4	6
Размерный анализ	1	2	1,4	Инженер	3,5	5
Назначение допусков	0,5	1	0,7	Инженер	2	3
Расчет припусков	0,5	1	0,7	Инженер	2	3
Выбор режимов резания	1	2	1,4	Инженер	3	4
Выбор средств технологического оснащения	0,5	1	0,7	Инженер	1,2	2
Нормирование времени	0,5	1	0,7	Инженер	3	4
Разработка принципиальной схемы	1	2	1,4	Руководитель темы	3	4
Определение погрешности установки	1	2	1,4	Инженер	2	3

Расчёт сил резания и потребных сил закрепления	1	2	1,4	Инженер	3	4
Определение основных параметров и силовых характеристик в механизмах зажима	2	3	2,4	Инженер	3	4
Оценка полученных результатов	1	2	1,4	Руководитель темы, инженер	2	3

На основетаблиц 3.1-3.7 построен календарный план-график, представленный в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Календарный план-график

№	Наименование работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> кал. дни	Длительность выполнения работ						
				фев		март			апрель	
				2	3	1	2	3	1	2
1	Разработка и согласование технического задания	Руководитель темы	7							
2	Выбор направления исследования	Руководитель темы, инженер	2							

3	Ознакомление с нормативно-технической базой	Инженер	4							
4	Анализ конструкции и технологичности	Инженер	3							
5	Определение типа производства	Инженер	2							
6	Выбор заготовки	Инженер	2							
7	Разработка маршрутной технологии	Инженер	6							
8	Размерный анализ	Инженер	5							
9	Назначение допусков	Инженер	3							
10	Расчет припусков	Инженер	3							
11	Выбор режимов резания	Инженер	4							
12	Выбор средств технологического оснащения	Инженер	2							
13	Нормирование времени	Инженер	4							

14	Разработка принципиальной схемы	Руководитель	3																
15	Определение погрешности установки	Инженер	4																
16	Расчёт сил резания и потребных сил закрепления	Инженер	4																
17	Определение основных параметров и силовых характеристик в механизмах зажима	Инженер	4																
18	Оценка полученных результатов	Руководитель темы, инженер	3																

### 3.5. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Для планирования бюджета к учету берутся следующие виды расходов:

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- материальные затраты НТИ;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

– накладные расходы.

### Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат:

$$Z_M = (1 + k_t) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi},$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении исследования;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$k_t$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 3.9 представлены материальные затраты, необходимые для разработки технологии и изготовления детали.

Таблица 3.9– Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы, ( $Z_M$ ), руб.
Бумага офисная	шт.	1000	1	1 000,00
Пруток 4Х4ВМФС (Ø 200мм – 1м)	шт.	1 шт.	115 000,00	115 000,00
Резец подрезной. Материал Т5К10	шт.	1	550,00	550,00
Резец подрезной. Материал - Т30К4	шт.	2	620, 00	1 240,00
Резец проходной упорный ГОСТ 18870-73. Материал- Т5К10	шт.	2	610,00	1 220,00
Сверло спиральное (Ø 30мм, Р6М5)	шт.	1	350,00	350,00
Сверло спиральное (Ø 60мм, Р6М5)	шт.	1	470,00	470,00

Фреза концевая	шт.	1	510,00	510,00
Итого:				120 340, 00

## Расчет затрат на специальное оборудование

Таблица 3.10 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Автоматический ленточнопильный станок Stalex ТВК-4228В	1	267 033,00	267 033,00
2	Обрабатывающий центр – Goodway GA-2000	1	4 500 000,00	4 500 000,00
3	Торце-круглошлифовальный станок GA-3515CNC	1	3 400 000,00	3 400 000,00
4	5 – осевой фрезерный станок с ЧПУ DMU 50 Ecoline	1	5 600 000,00	5 600 000,00
5	Внутришлифовальный станок Okamoto IGM-2MB	1	2 650 000,00	2 650 000,00
6	Задняя бабка для сверлильного стола	2	45 000,00	90 000,00
7	Горизонтальная вакуумная печь Cesterm VOQH-446	1	1 600 000,00	1 600 000,00
8	Печь с соляной ванной TS 60/63	1	765 000,00	765 000,00
9	Станок радиальный сверлильный DR5	1	1 200 000,00	1 200 000,00
	Прямая шлифовальная машинка GSZ – 8 280 P	1	23 220, 00	23 220, 00
Итого:				20 095 253, 00

Амортизация станков составляет 10 лет. Научная работа ведется 3 месяца. Отчисления на амортизацию оборудования производятся согласно следующей формулы:

$$A = \frac{PN}{100},$$

где

A – амортизация основного средства;

P – стоимость основного средства при принятии на учет;

Следовательно:

$$\frac{20095253 * 3}{10 * 12} = 701\,381 \text{ руб.}$$

Амортизация компьютера составляет 3 года, следовательно:

$$\frac{45000 * 3}{3 * 12} = 4090 \text{ руб.}$$

Амортизация режущего инструмента не производится.

### ***Основная заработная плата исполнителей темы***

Расчет заработной платы:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12% от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ):

$$Z_{зп} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_p$

– продолжительность работ, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d} \text{ где } Z_m \text{ – месячный должностной оклад}$$

работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн. (таблица 3.11).

Таблица 3.11 –Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
выходные дни	103	103
праздничные дни	15	15

Потери рабочего времени		
отпуск	48	48
не выходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб.дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	26 300,00	0,3	0,2	1,3	51 285,00	2 680,00	10	26 800,00
Студент	17 000,00	0,3	0,2	1,3	33 150,00	1 732,00	39	67 548,00
Итого $Z_{осн}$								94 348,00

### *Дополнительная заработная плата исполнителей темы*

Дополнительная заработная плата это стимулирующие, компенсационные или разовые выплаты. Часть начислений регламентируется внутренними локальными актами предприятия, часть законодательством РФ.

Расчет дополнительной заработной платы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (принят равным 0,12).

Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	З <sub>осн</sub> , руб.	к <sub>доп</sub>	З <sub>доп</sub> , руб.
Руководитель	26 800,00	0,12	3 216,00
Студент	67 548,00	0,12	8 105,00
Итого З <sub>доп</sub>			11 321,00

### **Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

На доход сотрудников происходит начисление страховых взносов.

В соответствии с требованиями, изложенными в ст. 425 «Налогового кодекса Российской Федерации (часть вторая)» от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 15.04.2019), тарифы страховых взносов суммарно составляют 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	26 800,00	3 216,00
Студент	67 548,00	8 105,00
$k_{внеб}$	0,3	
Итого	31 700,00	

### **Накладные расходы**

К накладным расходам относятся затраты, которые не имеют отношения к основному производству. Это затраты на командировки, обучение, обслуживание производства и так называемые непроизводительные расходы (потери от порчи материальных ценностей, простоев производства и т.д.). Законодательно данные расходы никак не определены и поэтому каждая организация составляет перечень подобных трат.

Их величина определена по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{НР}}$$

где  $k_{\text{НР}}$  – коэффициент учитывающий накладные расходы; принимаем 16%.

Накладные расходы составили:

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 1\,150\,000,00 = 184\,000,00 \text{ руб.}$$

### **Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Расчет бюджета затрат представлен в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты НИИ	120 340,00	Пункт 3.2.4.1
Амортизация	701 381,00	Пункт 3.2.4.2
Фонд основной заработной платы сотрудников	94 348,00	Пункт 3.2.4.3
Фонд дополнительной заработной платы сотрудников	11 321,00	Пункт 3.2.4.4
Отчисления во внебюджетные фонды	31 700,00	Пункт 3.2.4.5
Накладные расходы	184 000	Пункт 3.2.4.6
Итого	1 080 378,00	Сумма ст. 1-6

### **3.6. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Для определения эффективности исследования производится расчет интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный показатель финансовой эффективности получен в ходе оценки бюджета различных вариантов исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определен как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта.

Для определения интегрального показателя финансовой эффективности использована экспертная оценка бюджета имеющегося технологического процесса, которая составляет 1 150 000,00 руб. Интегральный финансовый показатель составил:

$$I_{финр.1}^{исп.1} = \frac{1\ 080\ 378}{1\ 080\ 378} = 1;$$

$$I_{финр.2}^{исп.2} = \frac{1\ 150\ 000}{1\ 080\ 378} = 1,06$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает численное превышение бюджета по сравнению с имеющимся технологическим процессом.

Интегральный показатель ресурсоэффективности определен по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

$b_i$  –бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Сравнительная оценка характеристик

Объект исследования/ критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработанный технологический процесс	Имеющийся технологический процесс
Надежность	0,25	5	4
Энергосбережение	0,15	4	4
Материалоемкость	0,2	4	3
Скорость производства	0,1	5	4
Потребность в дополнительной оснастке	0,3	2	3

Итого	1	3,96	3,5
-------	---	------	-----

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (Исп.і) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.і}} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр}}}$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p1}}{I_{\text{финр}}} = \frac{3,96}{1} = 3,96;$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{p2}}{I_{\text{финр}}} = \frac{3,5}{1,06} = 3,3;$$

Сравнительная эффективность проекта представлена в таблице 3.17.

Сравнительная эффективность проекта (Эср):

$$\text{Эср} = \frac{I_{\text{исп.2}}}{I_{\text{исп.1}}} = \frac{3,96}{3,3} = 1,2$$

Таблица 3.17 – Сравнительная эффективность проекта

Поз.	Показатели	Разработанный технологический процесс	Имеющийся технологический процесс
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1,06
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	3,96	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	3,96	3,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,2	

### 3.7. Вывод

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что разработанная технология является более эффективной чем существующая. Данная

технология может использоваться на предприятии взамен существующей.

#### 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Студенту:

Группа	ФИО
8Л15А	Горовко Маргарите Олеговне

Школа	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка технологии изготовления втулки литниковой	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является производственный участок, который представляет собой помещение для изготовления изделий обработкой резанием. Область применения – металлообрабатывающие предприятия.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	– указать нормативные документы
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– перечислить вредные и опасные факторы
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– указать область воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– перечислить возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – указать наиболее типичную ЧС.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белоенко Е. В.	К. Т. Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л15А	Горовко Маргарита Олеговна		

#### **4.1. Введение**

В данном разделе выпускной квалификационной работы, объектом исследования является процесс производства детали «втулка литниковая», а также содержащиеся в производственном цеху станки и оборудование, участвующие в производстве детали, и их воздействие на организм человека и окружающую среду. Деталь изготавливается из отожженного сортового проката стали 4Х4ВМФС, обрабатывается резанием, подвергается термообработке и в дальнейшем используется при литье медных сплавов под давлением в качестве переходного звена между соплом и пресс-формой.

Данный технологический процесс будет проанализирован с точки зрения социальной ответственности. Для этого в ходе работы будут рассмотрены специальные нормы трудового законодательства, применимые к данному процессу изготовления детали, учтены требования к эргономике рабочего пространства, в частности будет создана комфортная компоновка рабочей среды. Также будут проанализированы источники возникновения опасных и вредных факторов, которым подвергаются работники производства, и предложены пути минимизации воздействия этих факторов. Кроме того, в ходе работы будет рассмотрено влияние спроектированного процесса на окружающую среду, выбраны мероприятия по обеспечению экологической безопасности, а также проанализированы возможные чрезвычайные ситуации, из них выбрана наиболее вероятная и разработаны меры по предупреждению ее возникновения.

Результаты, полученные в ходе данного исследования, будут отражены в выводах.

#### **4.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Нахождение работника на производстве подразумевает то, что он вступил в правовые отношения с работодателем, что в свою очередь означает, что их отношения регулирует Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ). Данный кодифицированный законодательный акт (кодекс) о труде имеет приоритетное значение перед другими принятыми федеральными законами, связанными с трудовыми отношениями, с Указами Президента РФ, Постановлениями Правительства РФ и др., то есть, является основополагающим и для работодателя, и для работника. Основные направления государственной политики в области охраны труда описаны в ст. 210 ТК РФ. Вот некоторые из них:

1. Обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;
2. Принятие и реализация федеральных законов и иных нормативных правовых актов РФ в области охраны труда, а также целевых программ улучшения условий и охраны труда;

3. Федеральный государственный надзор за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права;

4. Профилактика несчастных случаев и повреждения здоровья работников, расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, защита законных интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также членов их семей;

5. Установление порядка обеспечения работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, а также санитарно-бытовыми помещениями и устройствами, лечебно-профилактическими средствами за счет средств работодателей.

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что государство является надзорным органом, требующим и контролирующим обеспечение работодателем безопасных условий труда, которые согласно ст. 212 ТК РФ он обязан предоставить. Кроме того, действует Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Данный закон устанавливает порядок осуществления обязательного страхования от несчастных случаев на производстве, а также в возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при наступлении такого рода несчастных случаев, что крайне необходимо в условиях повышенной опасности производства.

Помимо ТК РФ, действующего для всех работодателей и работников, на производстве действуют различные ГОСТы, СанПиНы и СП. Данные нормативные документы необходимы для обеспечения безопасности, а также создания комфортной среды для работников на производстве.

#### **4.3. Обеспечение безопасности для проектируемой рабочей зоны.**

ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности;

ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности;

ГОСТ 12.3.227-2003 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля;

ГОСТ 12.2.061-81 - Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам;

ГОСТ 12.1.002-84 - Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах;

ГОСТ 12.1.010-76 - Взрывобезопасность. Общие требования;

ГОСТ 12.1.012-90 - Вибрационная безопасность. Общие требования;  
ГОСТ 12.1.019-79 - Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;

ГОСТ Р 12.3.047-98 - Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля;

ГОСТ 12.2.007.9-93 - Безопасность электротермического оборудования. Часть 1;

ГОСТ 12.1.005-88 - Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

ГОСТ 12.4.012-83 - Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах. Технические требования;

ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.4.011-89 - Средства защиты работающих. Общие требования и классификация;

ГОСТ 12.4.125-83 - Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация;

ПОТ РМ-005-97 Межотраслевые правила по охране труда при термической обработке металлов.

ГОСТ 12.3.004-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термическая обработка металлов. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)

#### **4.4. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.**

ОНТП 14-93. Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Механообрабатывающие и сборочные цехи;

ГОСТ Р ИСО 6385-2016 Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем;

ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;

ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования;

ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования;

ГОСТ Р ИСО 11228-1-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Эргономика. Ручная обработка грузов. Часть 1. Поднятие и переноска. Общие требования

ГОСТ Р ИСО 13732-1-2015 Эргономика термальной среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 1. Горячие поверхности;

СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;

СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;

СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах;

СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

#### 4.5. Профессиональная социальная ответственность

Таблица 4.1. Факторы производственной безопасности и нормативные документы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности.»
3. Недостаток естественного света	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов
6. Химическое воздействие расплава солей		+	+	ПОТ РМ-005-97 Межотраслевые правила по охране труда при термической обработке металлов (содержание)
7. Воздействие высоких температур при термической обработке			+	ГОСТ 12.2.007.9-93 - Безопасность электротермического оборудования. Часть 1
8. Контакт с продуктами горения при закалке в масло			+	Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.3532-18.

				ГОСТ 12.3.004-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термическая обработка металлов. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)
--	--	--	--	---

### 3.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

#### Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами: 1) относительная влажность воздуха; 2) скорость движения воздуха; 3) температура воздуха; 4) интенсивность теплового излучения. Оптимальные показатели микроклимата (табл.1) распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест. Параметры регламентируются ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ.

Таблица 4.2. Микроклимат в производственных условиях

Период года	Категория работ	Температура, °С			Относительная влажность %	
		Оптимальная	Допустимая		Оптимальная	Допустимая, не более
			Верхняя граница	Нижняя граница		
холодный	Легкая	21-23	24	20	40-60	75
	Средней тяжести	17-19	21	23	40-60	75
теплый	Легкая	22-24	28	30	40-60	60 (при 27°С)
	Средней тяжести	20-22	27	16	40-60	70 (при 25°С)

Несоответствие параметров микроклимата рабочей зоны допустимым ведет к снижению комфорта рабочих, качества выполняемой работы, приводит к высокой утомляемости, а при длительном несоответствии требуемым приведет к проблемам со здоровьем. Поэтому для достижения необходимых параметров микроклимата рабочей зоны необходимо обеспечить надлежащий тепло- и воздухообмен, вентиляцию помещения в теплое время года и отопление в холодное, изолировать источники высокой и низкой температуры.

#### Превышение уровня шума

Источником шума является такое производственное оборудование как токарные и фрезерные станки. Согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96, допустимый уровень шума в производственных помещениях не должен превышать 80 дБ. Его превышение влечет за собой не только тугоухость при длительных воздействиях, но и снижает скорость реакций, что резко повышает вероятность несчастного случая на производстве.

Средствами индивидуальной защиты являются одноразовые или многоразовые вкладыши (беруши), защитные наушники с пассивной защитой или активным шумоподавлением. Коллективная защита от воздействия шума заключается в планировке помещения, позволяющей снизить воздействие шума и изменить его направленность.

### **Недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны**

Освещение рабочих мест должно отвечать условиям и характеру работы, оно должно быть оптимальным по величине, а его спектр должен быть максимально приближен к дневному (солнечному), лучше всего соответствующему физиологии человека. Чрезмерно высокая освещенность так же, как и недостаточная, вызывает быстрое утомление глаз, снижение видимости. Освещение должно быть достаточно равномерным по площади, так как при переводе взгляда с менее освещенных на ярко освещенные поверхности и наоборот происходит снижение остроты зрения на некоторый период времени, связанный с переадаптацией глаз.

Единственной мерой защиты от данного фактора является подбор оптимального освещения в зависимости от вида работ. Кроме того, освещенность может быть повышена на тех участках, где это оправдано или ведет к более комфортной работе.

Все процессы обработки на данном участке относятся к работам средней, малой и грубой точности, где гигиенические нормы искусственной освещенности не превышают 300 лк, а естественной — 1%. Так, освещенность в 300 лк при системе общего освещения предусматривают в цехах механической обработки, 200 лк — в пунктах технического обслуживания; 150 лк — на участках мойки, в смотровых канавах; 75 лк — в пунктах ежедневного обслуживания машин, инструментальных складах; 30 лк — в складах топливо-смазочных материалов и др.

### **Электрический ток**

Источником опасности в производственных цехах может стать случайное прикосновение к токоведущим частям, появление напряжения на металлических конструкциях оборудования из-за нарушения изоляции, появление напряжения на отключенных токоведущих частях в случае ошибочного включения установки и возникновение шагового напряжения в случае замыкания провода на землю.

При прохождении через тело человека ток вызывает три вида поражений: термическое, электролитическое и биологическое. Производственный цех является помещением повышенной опасности, так как в помещении имеются повышенная влажность, токопроводящий пол и т.д. В таблице представлены предельно допустимые уровни токов и напряжения регламентирующиеся «ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и тока».

Таблица 4.3. Допустимые уровни токов и напряжения

Ток	U, В не более	I, А не более
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3	0,4
Постоянный	8	1,0

К индивидуальным средствам защиты можно отнести - диэлектрические перчатки с защитой до 7500В, диэлектрические боты, коврики, изолирующие приспособления, специальная одежда и обувь с защитой от поражения электродугой. К коллективным средствам защиты от поражения электрическим током относят следующие средства: защитное разделение сети, применение двойной изоляции, защитное заземление, зануление, выравнивание потенциала и организация безопасной эксплуатации электроустановок

### **Опасные и вредные факторы термической обработки**

Объединим следующие факторы в один блок, так как они имеют схожую природу:

1. Химическое воздействие расплава солей;
2. Воздействие высоких температур при термической обработке;
3. Контакт с продуктами горения при закалке в масле.

В технологическом процессе присутствуют операции термической обработки, которые являются источником повышенной опасности. Для наиболее безопасной работы на производстве цех термической обработки отделяют от остальных цехов, оснащают средствами контроля и регулирования параметров термической обработки металлов, автоматической блокировкой и средствами световой и звуковой сигнализации о нарушениях технологического процесса, могущих привести к возникновению аварийной ситуации. На работающих должна быть исключена возможность воздействия вредных веществ (керосина, масел, расплавов солей и металлов, жидких сред), для чего применяется оборудования с закрытой рабочей камерой, а места возможного выделения в воздушную среду производственных помещений веществ, обладающих токсичными, пожаро- и

взрывоопасными свойствами, и пылей снабжаются вытяжной механической вентиляцией во взрывозащищенном исполнении.

Участок цианирования, если он расположен вне потока, должен быть отделен от других участков термической обработки металлов, отделка его потолков и стен должна допускать систематическую мокрую уборку, а помещения и воздуховоды должны очищаться от пыли от местных отсосов, чтобы количество взвешенной в воздухе и осевшей пыли не могло образовать взрывоопасную пылевоздушную смесь в объеме более 1% объема помещений.

Работающие в термических цехах должны использовать средства индивидуальной защиты, соответствующие требованиям ГОСТ 12.4.011-89. Для защиты органов зрения у нагревательных печей можно использовать очки открытого типа 01, 07 со светофильтрами Д1, синее стекло. Для защиты органов дыхания можно использовать респираторы, однако так как используемое оборудование относится к закрытому типу, то это не обязательно. Для защиты от повышенных температур и тепловых излучений применяют хлопчатобумажные костюмы типа АТи, специальные валяные сапоги или специальную кожаную обувь и термостойкие перчатки.

### **3.2. Экологическая безопасность**

Производство деталей в цехах сопровождается выделением пыли, стружки, вредных веществ, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений. Поэтому необходимо рассмотреть влияние негативных факторов на окружающую среду и выработать мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

– При обработке данной детали на металлорежущих станках около 75% массы заготовки превращается в металлическую стружку, поэтому возникает важная проблема уборки стружки от станков и последующей ее утилизации и переработки. Деталь «опора двигателя» изготовлена из дорогостоящей стали 4Х4ВМФС, стружка после обработки идет на брикетирование и переработку соответственно ГОСТ 2787-75.

– Так как стружки в цехе значительное количество (примерно 25 кг с одной детали), то для ликвидации тяжелого ручного труда и снижения травматизма процесс уборки стружки предполагается механизировать. В таком случае стружка будет покидать зону резания, поступать сначала в контейнер для временного хранения, затем на склад, где готовая к переработке будет ожидать пока ее наберется достаточное количество для операции брикетирования. Данная операция позволит значительно снизить потери металла в результате коррозии и в виде прямых потерь при переработке и транспортировании стружки на специальные перерабатывающие предприятия, а значит, снизить загрязнение

окружающей среды. Поэтому на рассматриваемом производстве переработка стружки производится методом горячего брикетирования, расположенной на специализированном участке цеха.

– Также огромное значение имеет очистка вентиляционных выбросов от механических примесей. Это происходит аппаратами мокрого и сухого пылеулавливания, волокнистыми фильтрами и электрофильтрами.

– Очистку и обезвреживание газовых составляющих выбросов производства осуществляют конденсационным методом, заключающимся в охлаждении паровоздушной смеси ниже точки росы в специальных теплообменниках – конденсаторах.

Защита от тончайшей пыли и металообразивной стружки, а также от выбросов вредных газов осуществляется вытяжными трубами, воздухоборниками, отсосами. Воздух, проходя через многочисленные фильтры, очищается, а пыль и грязь поступает в отходы.

– Загрязнение водных ресурсов металлорежущими станками может произойти при чистке станков и его узлов. Такая чистка производится на специальном месте оборудованном стоком с фильтрами, задерживающими грязь, масла, кислоты.

На предприятиях машиностроительной промышленности очистка сточных вод осуществляется, как правило, в отстойниках, шлакоаккумуляторах, нефте- и маслотовушках. Очищенные воды в большинстве случаев используются в системах оборотного водоснабжения. При этом вода основного источника или из других циклов водопользования идёт на компенсацию потерь оборотной воды.

### **3.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Нельзя недооценивать возможность чрезвычайных ситуаций на предприятии, которые может повлечь не только материальные, но и человеческие жертвы. К подобным ЧС относятся утечки опасных газообразных, жидких и других веществ, пожары и взрывы.

Наиболее возможной чрезвычайной ситуацией техногенного характера является возгорание в цехе/производственном участке при несоблюдении предписанных норм пожарной безопасности или же вследствие короткого замыкания или проблем с токопроводящим оборудованием. Поэтому следует:

1. Проводить профилактические мероприятия, инструктажи рабочих.
2. В каждом цехе должны быть предусмотрены меры эвакуации, например, запасные выходы, пожарные проходы.

3. Обязаны присутствовать средства пожаротушения (в качестве первичных средств пожаротушения пенные огнетушители ОХВП-10, углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, и ОУ-8 1 штуку на 700м<sup>2</sup> площади, ящики с песком 1 на 500м<sup>2</sup> площади).

4. В доступном месте должны висеть инструкции по действиям при пожаре с указанием последовательности действий, а также планов эвакуации с телефонами спецслужб, куда стоит сообщить о возникновении чрезвычайной ситуации.

5. Обязательно наличие звуковой пожарной сигнализации.

6. Система пожарной сигнализации включается в общезаводскую/общецеховую систему пожарных извещателей кольцевого типа. Оповещение рабочих происходит через местную связь (радиосвязь).

#### **4.9. Вывод**

В ходе выполнения части социальной ответственности были изучены различные нормы, регулирующие безопасность на предприятии, на их основании выявлены вредные факторы, проведен их анализ и получены необходимые требования к состоянию микроклимата, освещению, шуму, состоянию воздуха, электробезопасности и мерам предосторожности при работе в цехе термической обработки. Кроме того, определены средства индивидуальной и коллективной защиты, снижающие или устраняющие влияние вредных факторов.

Так же проанализировано влияние производства на окружающую среду и составлен перечень мер, которые сократят негативное воздействие на нее. Помимо этого, выявлены возможные чрезвычайные ситуации и проанализированы способы избежать наиболее вероятной из них – пожара. Таким образом можно утверждать, что данный проект отвечает нормам и требованиям безопасности и готов к реализации на производстве.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. 100 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 г. 912 с., ил.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, . – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 г. 944 с., ил.
5. Штамповые стали. Позняк Л. А., Скрынченко Ю. М., Тишаев С. И., «Металлургия», 1980, 244 с.
6. Горюнов И. И. Пресс-формы для литья под давлением. Справочное пособие. Л., «Машиностроение», 1973. 256 с.
7. Белецкий Д. Г. и др. Справочник токаря-универсала/Д. Г. Белецкий, В. Г. Моисеев, М. Г. Шеметов; Под ред. М. Г. Шеметова. — М.: Машиностроение, 1987.— 560 с: ил.— (Серия справочников для рабочих).
8. Околович Г. А.. Штамповые стали для холодного деформирования металлов: Монография / Г. А. Околович; Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. Изд. 2-е, переработанное, дополненное. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010, 202 с.
9. ГОСТ 5950-2000 Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия.
10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Креницына; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 36 с.
11. ГОСТ 19937-74 Втулки литниковые пресс-форм литья под давлением. Конструкция и размеры (с Изменениями N 1, 2).
12. ГОСТ 24359-80. Фрезы торцовые насадные со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры.
13. ГОСТ 14952-75. Сверла центровочные комбинированные. Технические условия.

14. ГОСТ 26611-85. Резцы токарные проходные, подрезные и копировальные с креплением сменных пластин прихватом сверху. Конструкция и размеры.
15. ГОСТ 19056-80. Пластины режущие сменные многогранные твердосплавные ромбической формы с углом 80 град. Конструкция и размеры.
16. ГОСТ 20872-80. Резцы токарные сборные для контурного точения с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Конструкция и размеры.
17. ГОСТ 9140-78 Фрезы шпоночные. Технические условия
18. ГОСТ 10903-77. Сверла спиральные с коническим хвостовиком. Основные размеры.
19. ГОСТ 14953-80. Зенковки конические. Технические условия
20. ГОСТ 3266-81. Метчики машинные и ручные. Конструкция и размеры
21. ГОСТ 2424-83. Круги шлифовальные. Технические условия
22. Панов Ф. С., Травин А. И. Работа на станках с числовым программным управлением. – Л.: Лениздат, 1984. – 278 с., ил. – (Для молодых рабочих).
23. Альбом контрольно-измерительных приспособлений: Учебное пособие для вузов / Ю. С. Степанов, Б. И. Афонасьев, А. Г. Схиртладзе, А. Е. Щукин, А. С. Ямников. / Под общ. ред. Ю. С. Степанова. - М.: Машиностроение, 1998. - 184 с.
24. Палей М. А. и др. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 1. - 8-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Политехника, 2001. - 576 с.: ил.
25. ГОСТ 8.051-81 (СТ СЭВ 303-76) Государственная система обеспечения единства измерений
26. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 01.04.2019).
27. ОНТП 14-93 Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Механообрабатывающие и сборочные цехи.
28. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
29. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования
30. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования
31. ГОСТ 22902-78. Система "человек-машина". Отсчетные устройства индикаторов визуальных. Общие эргономические требования

32. ГОСТ EN 894-3-2012. Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 3. Органы управления.
33. ГОСТ Р ИСО 14738-2007. Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин.
34. ГОСТ Р ИСО 6385-2016 Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.
35. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы".
36. ГОСТ 12.0.003-2
37. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
38. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
39. СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение. Пашков Е.Н. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, И.Л. Мезенцева – Томск: Издво Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.