

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления валика короткого

УДК 621.771.07.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л5А	Карзаков Игорь Юрьевич		

Руководитель ВКР

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

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.		

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Вый про	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
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) ¹ , <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 механообрабатывающего 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 механообрабатывающего 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 самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	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 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	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

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

	исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.	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 зарубежного опыта, проведении патентных исследований	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 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 механообрабатывающего 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-	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

	<p>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.</p>	<p>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)</p>
Профиль 3 (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств)		
P11	<p>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 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>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 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 механообрабатывающего 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>

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

Школа ИШНПТ
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
Отделение материаловедения

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	Карзакову Игорю Юрьевичу

Тема работы:

Разработка технологии изготовления валика короткого

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 среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

- чертеж детали валик короткий;
- программа выпуска деталей $N = 3000$ шт/год;
- материал детали - Сталь X12МФ ГОСТ 5950-2000.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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"> — технологический контроль чертежа; — технологичность конструкции; — тип производства; — технологический маршрут; — размерный анализ; — межоперационные размеры; — оборудование, инструменты; — режимы резания; — нормы времени; — проектирование приспособления; — финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; — социальная ответственность; — заключение по работе.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> — чертеж валика короткого; — операционные карты; — сборочный чертеж приспособления.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологический	Шибинский Константин Григорьевич
Конструкторский	Шибинский Константин Григорьевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Скаковская Наталия Вячеславовна
Социальная ответственность	Белоенко Елена Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.12.18
---	----------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л15А	Карзаков Игорь Юрьевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 84 с., 4 рис., 22 табл., 53 источников.

Ключевые слова: технология машиностроения, вальцы ювелирные, валик короткий, технологический процесс, канавки, ступенчатый вал, шпоночный паз, центровые отверстия, мелкосерийное производство.

Объектом исследования является технология изготовления валика короткого.

Цель работы – разработать технологию изготовления валика короткого.

В процессе исследования проводились анализ технологичности конструкции, размерный анализ и технологический контроль чертежа, расчеты параметров технологического процесса.

В результате исследования разработан технологический маршрут изготовления детали. Определены и рассчитаны тип производства, межоперационные размеры, режимы резания, нормы времени. Спроектировано контрольно-измерительное приспособление.

Оглавление

Введение	9
1 Технологическая часть	10
1.1 Техническое задание.....	10
1.2 Назначение и конструкция детали	11
1.3 Технологический контроль чертежа и анализ технологичности конструкции.....	11
1.4 Определение типа производства по предварительному технологическому процессу	12
1.5 Выбор заготовки	15
1.6 Разработка технологического маршрута изготовления детали	15
1.7 Размерный анализ технологического процесса.....	19
1.8 Назначение допусков на технологические размеры	22
1.9 Определение минимальных припусков	23
1.10 Расчёт межоперационных размеров	24
1.11 Уточнение оборудования и инструмента	32
1.12 Назначение режимов резания.....	35
1.13 Расчёт норм времени технологического процесса.....	47
2 Конструкторская часть.....	52
2.1 Описание и принцип работы приспособления	52
2.2 Проверка обеспечения точности измерения.....	53
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	57
4 Социальная ответственность	69
Заключение	79
Список используемых источников.....	80

Введение

Когда машиностроительное предприятие договорилось о выполнении заказа на изготовление деталей, исходя из его возможностей, необходимо провести большую работу, прежде чем клиент получит готовое изделие. Одной из составляющей частью этой работы является разработка технологии изготовления детали.

Целью этой выпускной квалификационной работы является разработка технологии изготовления валика короткого.

В процессе разработки технологии изготовления валика короткого были решены следующие задачи:

- технологический контроль чертежа и анализ технологичности конструкции;
- разработка технологического маршрута;
- размерный анализ;
- расчет межоперационных размеров;
- уточнение оборудования и инструмента;
- назначение режимов резания;
- расчет норм времени.

Данная выпускная квалификационная работа может найти применение в условиях мелкосерийного производства деталей подобных валику короткому, а также стать примером для разработки новых технологических процессов.

1 Технологическая часть
1.1 Техническое задание

Выдан чертеж валика короткого, представленный на рисунке 1.1, и задана годовая программа N в размере 3000 шт./год.

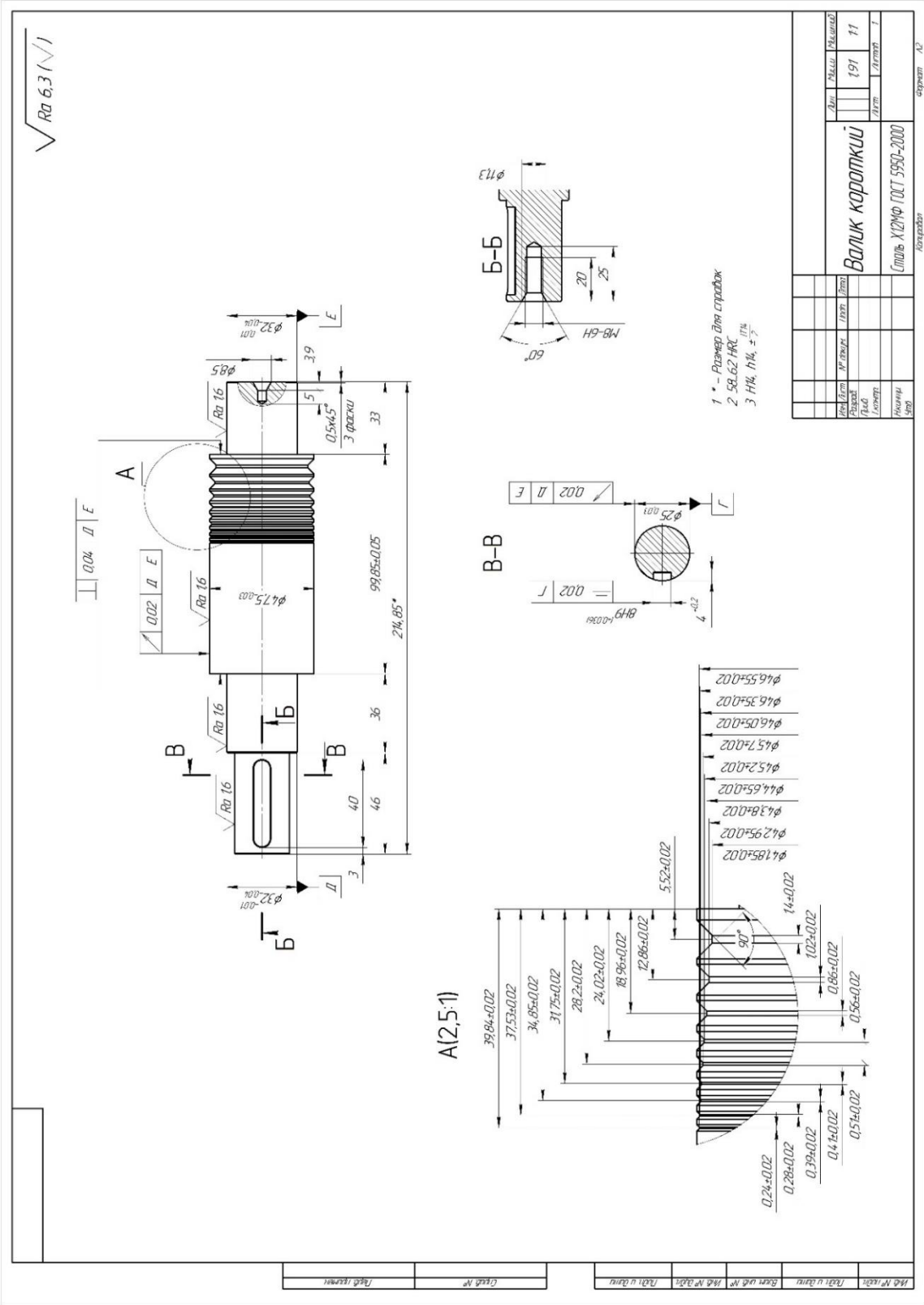


Рисунок 1.1 – Чертеж валика короткого

1.2 Назначение и конструкция детали

Данный короткий валик является частью механизма, называемого ювелирными вальцами. Этот механизм предназначен для обработки драгоценных и некоторых цветных металлов. Сама обработка происходит путём пропускания заготовок между валиками, где размер заготовки немного больше расстояния между валиками. Таким образом, изготавливаемая деталь непосредственно будет участвовать в обработке заготовок. Из-за этого к детали предъявляются высокие требования к точности размеров, шероховатости цилиндрических поверхностей.

Основными поверхностями детали являются поверхности, предназначенные для обработки, поверхности под подшипники, поверхность под зубчатое колесо. Шпоночный паз предназначен для передачи момента от зубчатого колеса валику, а отверстие с нарезанной в нём резьбой для крепления зубчатого колеса на валике концевой шайбой и винтом.

Данные о материале детали сведены в таблицы 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав стали X12МФ по ГОСТ 5950-2000

V	Si	Mn	Cu	Mo	Ni	S	C	P	Cr
Массовая доля элементов не более, %:									
0,15-0,3	0,1-0,4	0,15-0,45	0,3	0,4-0,6	0,4	0,03	1,45-1,65	0,03	11-12,5

Таблица 1.2 – Механические свойства стали X12МФ

$\sigma_{вр}$, МПа	НВ		Термическая обработка		
	горячекатаной	отожженной	температура и среда заковки	температура отпуска	Твердость HRC
730	217-228	255	960-980 °С, масло	180	61

1.3 Технологический контроль чертежа и анализ технологичности конструкции

1.3.1 Технологический контроль чертежа

Все необходимые сведения, которые дают полное представление о детали содержатся в чертеже, кроме размера на угол конуса центрального отверстия. Так

как центровые отверстия регламентируются ГОСТ 14034-74, то этот размер можно определить с его помощью, не обращаясь к конструктору.

1.3.2 Технологический анализ

Для упрощения анализа воспользуемся рекомендациями для некоторых классификационных групп деталей [1, с. 12].

Начнём с того, что возможности заменить ступенчатый вал гладким, чтобы проще и экономнее изготовить деталь, нет. По причине того, что подшипники качения необходимо упереть в эти самые уступы.

Поверхности вращения возможно обработать проходными резцами, кроме поверхностей канавок. Для их обработки будут использоваться резцы для контурного точения.

Чтобы определить допускает ли жесткость вала получение высокой точности обработки, необходимо определить соотношение длины вала к минимальному диаметру

$$\frac{214,85}{25} = 8,6 \leq 10 \dots 12.$$

Исходя из выполненного условия, можно утверждать, что жесткости вала будет достаточно для достижения высокой точности обработки.

В большинстве случаев возможность совмещения технологических и измерительных баз осуществима.

Исходя из перечисленных факторов, можно сказать что деталь технологична.

1.4 Определение типа производства по предварительному технологическому процессу

Исходные данные:

Годовая программа $N = 3000$ штук деталей.

Действительный годовой фонд времени оборудования при работе в две смены $F_d = 4140$ ч.

Рассчитаем с помощью приближенных формул нормы времени по обрабатываемой поверхности на основных операциях [1, Приложение 1].

1.4.1 Фрезерно-центровальная операция

Основное технологическое время

$$T_{o1} = 6l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 52 \cdot 10^{-3} = 0,312 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к1} = \varphi_{к1} T_{o1} = 1,84 \cdot 0,312 = 0,574 \text{ мин.}$$

1.4.2 Токарная предварительная операция

Основное технологическое время на точение четырёх поверхностей

$$T_{o2.1} = 0,17 d_{2.1} l_{2.1} \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 33,2 \cdot 81,75 \cdot 10^{-3} = 0,461 \text{ мин;}$$

$$T_{o2.2} = 0,17 \cdot 26,2 \cdot 45,55 \cdot 10^{-3} = 0,203 \text{ мин;}$$

$$T_{o2.3} = 0,17 \cdot 33,2 \cdot 32,7 \cdot 10^{-3} = 0,185 \text{ мин;}$$

$$T_{o2.4} = 0,17 \cdot 48,8 \cdot 100,4 \cdot 10^{-3} = 0,833 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время операции

$$T_{шт-к2} = \varphi_{к2} T_{o2} = 2,14 \cdot (0,461 + 0,203 + 0,185 + 0,833) = 3,600 \text{ мин.}$$

1.4.3 Токарная чистовая операция

Основное технологическое время точения поверхностей

$$T_{o3.1} = 0,17 d_{3.1} l_{3.1} \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 32,3 \cdot 36,5 \cdot 10^{-3} = 0,200 \text{ мин;}$$

$$T_{o3.2} = 0,17 \cdot 32,3 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 0,181 \text{ мин;}$$

$$T_{o3.3} = 0,17 \cdot 47,8 \cdot 99,85 \cdot 10^{-3} = 0,811 \text{ мин;}$$

$$T_{o3.4} = 0,17 \cdot 25,26 \cdot 46 \cdot 10^{-3} = 0,198 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к3} = \varphi_{к3} T_{o3} = 2,14 \cdot (0,200 + 0,181 + 0,811 + 0,198) = 2,975 \text{ мин.}$$

1.4.4 Шлифование круглое наружное

Основное технологическое время

$$T_{o81} = 0,15 d_1 l_1 \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 47,5 \cdot 99,85 \cdot 10^{-3} = 0,711 \text{ мин;}$$

$$T_{o82} = 0,15 \cdot 32 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 0,158 \text{ мин;}$$

$$T_{o83} = 0,15 \cdot 32 \cdot 36 \cdot 10^{-3} = 0,173 \text{ мин;}$$

$$T_{o84} = 0,15 \cdot 25 \cdot 46 \cdot 10^{-3} = 0,173 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{\text{шт-к4}} = \varphi_{\text{к4}} T_{\text{о4}} = 2,10 \cdot (0,711 + 0,158 + 0,173 + 0,173) = 2,552 \text{ мин.}$$

Определим среднее штучно-калькуляционное время

$$T_{\text{шт-к}}^{\text{ср}} = \sum \frac{T_{\text{шт-ки}}}{n} = \frac{0,574 + 3,600 + 2,975 + 2,552}{4} = 2,425 \text{ мин.}$$

Определим такт выпуска

$$T_{\text{в}} = \frac{60 \cdot F_{\text{Д}}}{N} = \frac{60 \cdot 4140}{3000} = 82,800 \text{ мин.}$$

Следовательно, коэффициент закрепления операций равен

$$k_{\text{з.о}} = \frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{шт-к}}^{\text{ср}}} = \frac{82,800}{2,425} = 34,144.$$

Так как коэффициент закрепления операций находится в диапазоне от 20 до 40, значит, производство мелкосерийное.

Определим количество деталей в партии. Для этого зададим периодичность запуска $a = 6$ дней.

$$n = \frac{Na}{254} = \frac{3000 \cdot 6}{254} = 71.$$

Скорректируем размер партии. Определяем расчетное число смен на обработку всей партии деталей:

$$c = \frac{T_{\text{шт-к}}^{\text{ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{2,425 \cdot 71}{476 \cdot 0,8} = 0,452.$$

Округляем до целого числа, т.е. $c_{\text{пр}} = 1$.

Определим количество деталей в партии, которые необходимы для загрузки оборудования в течение целого числа смен:

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 c_{\text{пр}}}{T_{\text{шт-к}}^{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{2,425} = 157,$$

где 476 – действительный фонд времени работы оборудования в смену, мин; 0,8 – нормативный коэффициент загрузки станков в серийном производстве.

1.5 Выбор заготовки

Исходя из того, что изготовление короткого валика относится к мелкосерийному типу производства, перепады диаметров вала относительно небольшие, то в качестве заготовки выберем горячекатаный нормальный прокат ГОСТ 5950-2000.

1.6 Разработка технологического маршрута изготовления детали

На основе предыдущих подразделов, разработана технология изготовления валика короткого, которая представлена в таблице 1.3.

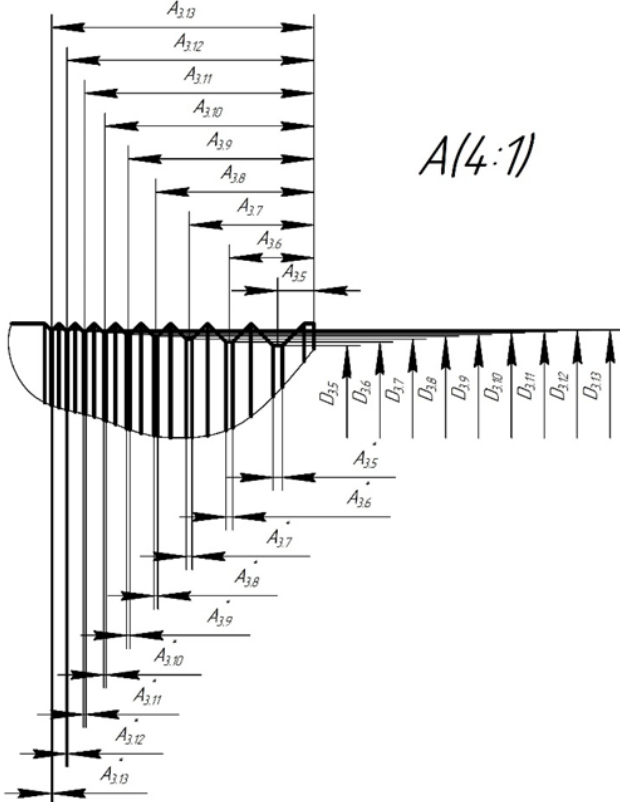
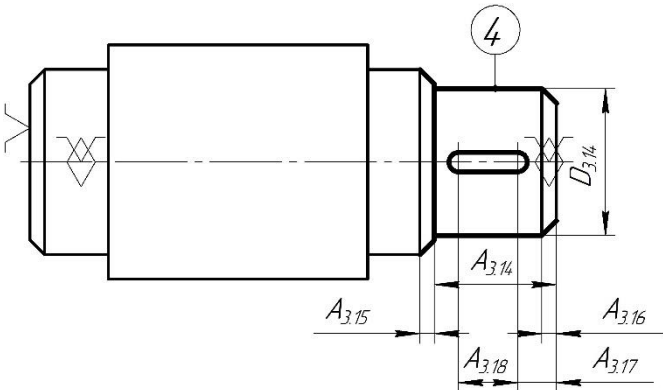
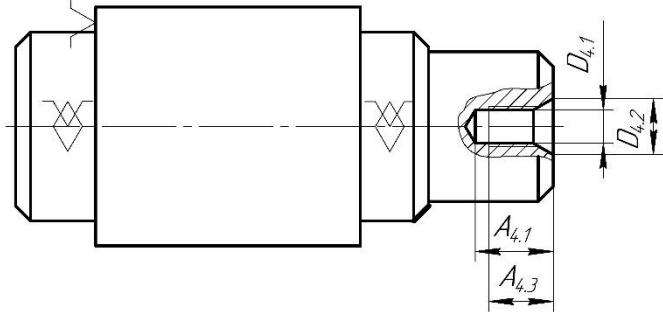
Таблица 1.3 - Технология изготовления валика короткого

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Перехода		
0	1	Заготовительная Закрепить прутки Отрезать заготовку, выдержав размер $A_{0.1}$.	
1	1 2	Фрезерно-центровальная Установить и закрепить заготовку Фрезеровать торцы 1 и 2, выдерживая размеры $A_{1.1}$ и $A_{1.1.2}$. Сверлить центровые отверстия, выдерживая размеры $A_{1.2.1}$ и $A_{1.2.2}$.	

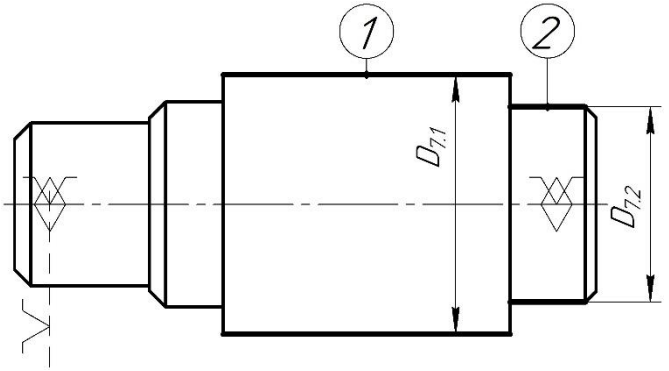
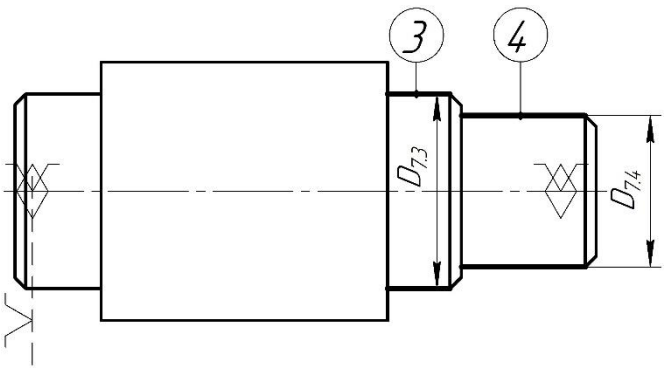
Продолжение таблицы 1.3

2	<p>Предварительная токарная с ЧПУ Установ А</p> <p>Установить и закрепить заготовку</p> <p>1 Точить поверхность 1, выдерживая размеры $A_{2.1}$ и $D_{2.1}$.</p> <p>2 Точить поверхность 2, выдерживая размеры $A_{2.2}$ и $D_{2.2}$.</p>	
	<p>Установ Б</p> <p>Установить и закрепить заготовку</p> <p>3 Точить поверхность 3, выдерживая размеры $A_{2.3}$ и $D_{2.3}$.</p> <p>4 Точить поверхность 4, выдерживая размеры $A_{2.4}$ и $D_{2.4}$.</p>	
3	<p>Чистовая токарно-фрезерная с ЧПУ Установ А</p> <p>Установить и закрепить заготовку</p> <p>1 Точить поверхность 1, выдерживая размеры $A_{3.1}$ и $D_{3.1}$.</p> <p>2 Точить поверхность 2, выдерживая размеры $A_{3.2}$ и $D_{3.2}$.</p> <p>3 Точить фаску, выдерживая размер $A_{3.3}$.</p> <p>4 Точить поверхность 3, выдерживая размеры $A_{3.4}$ и $D_{3.4}$.</p>	

Продолжение таблицы 1.3

	5	Точить канавки, выдерживая размеры $A_{3.5}$ - $A_{3.13}$ и $D_{3.5}$ - $D_{3.13}$, по программе	
	6 7 8	<p>Установ Б</p> <p>Установить и закрепить заготовку</p> <p>Точить поверхность 4, выдерживая размеры $A_{3.14}$ и $D_{3.14}$.</p> <p>Точить фаски выдерживая размеры $A_{3.15}$ и $A_{3.16}$.</p> <p>Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры $A_{3.17}$ и $A_{3.18}$.</p>	
4	1 2 3	<p>Токарная</p> <p>Установить и закрепить заготовку</p> <p>Сверлить отверстие выдержав размеры $A_{4.1}$ и $D_{4.1}$.</p> <p>Зенковать выдержав размер $D_{4.2}$.</p> <p>Нарезать резьбу выдержав размер $A_{4.3}$.</p>	

Продолжение таблицы 1.3

5		Слесарная Зачистить деталь	
6		Термическая Калить Отпустить до 58...62 HRC	
7	1 2	Круглошлифовальная Установ А Установить и закрепить заготовку Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер $D_{7.1}$. Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер $D_{7.2}$.	
	3 4	Установ Б Установить и закрепить заготовку Шлифовать поверхность 3, выдерживая размер $D_{7.3}$. Шлифовать поверхность 4, выдерживая размер $D_{7.4}$.	

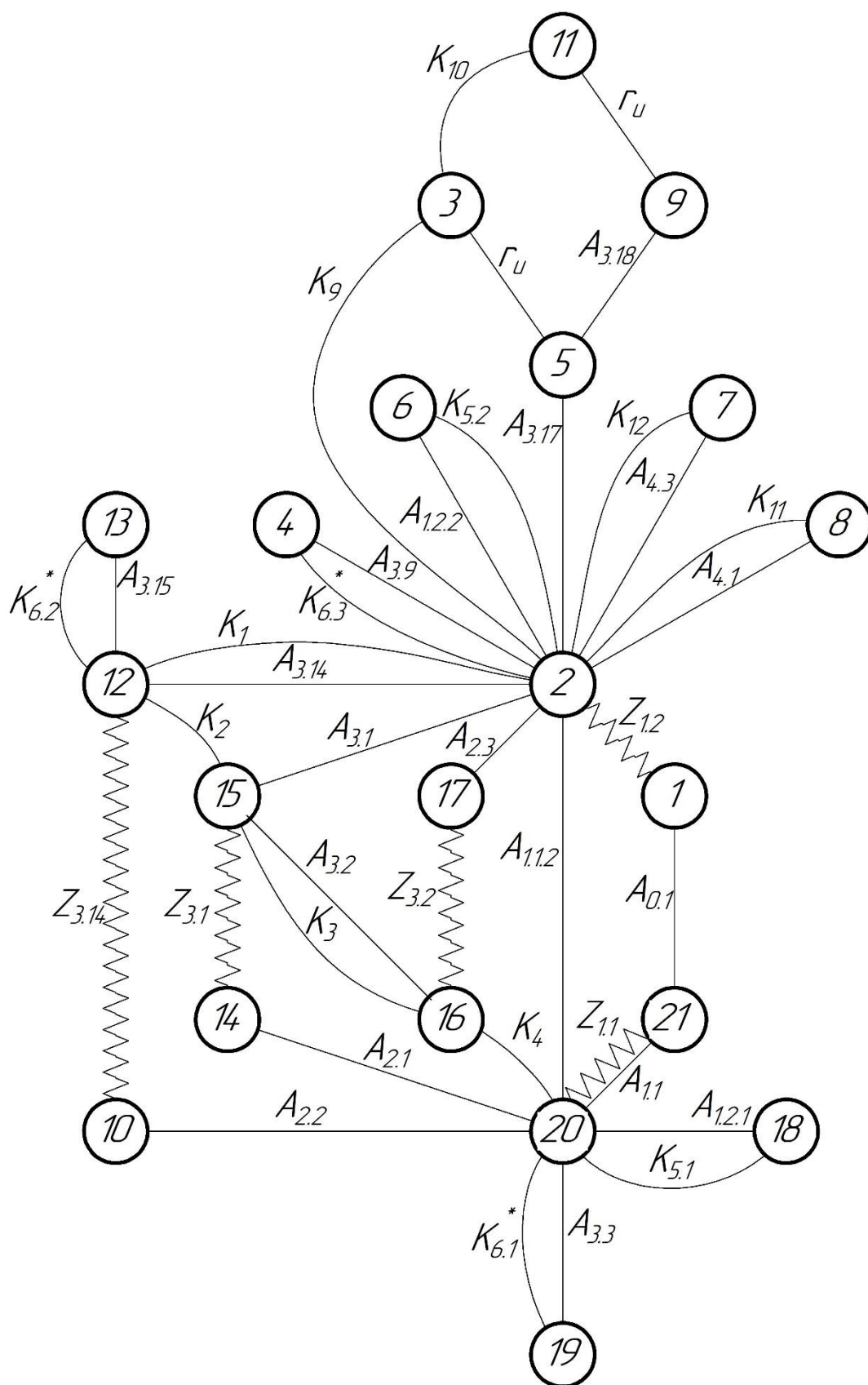


Рисунок 1.3 – Граф-дерево технологических осевых размерных цепей.

Так как размеры $K_{6.1}$, $K_{6.2}$ и $K_{6.3}$ являются конструкторскими размерами фасок, то они не равны технологическим из-за наличия операции шлифования. Поэтому эти размеры обозначены со «*».

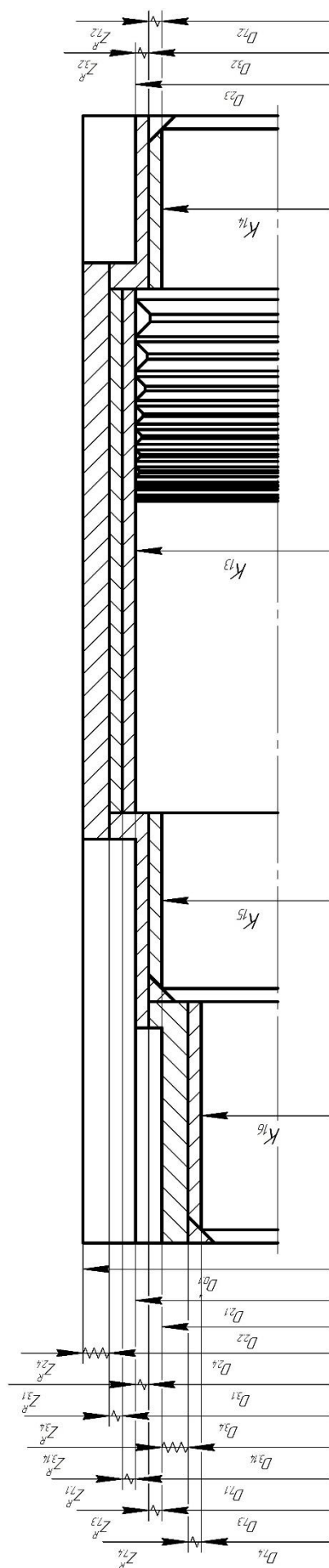


Рисунок 1.4 – Размерная схема технологического процесса. Размеры диаметральные.

Проверим правильность составленной размерной схемы при помощи двух правил [4, с. 31]:

$$1) \quad \sum A + 1 = \sum N;$$

$$2) \quad \sum A = \sum (K + Z),$$

где $\sum N$ – число поверхностей, $\sum A$ – число технологических размеров, $\sum (K + Z)$ – число конструкторских размеров и размеров припусков.

$\sum A = 20$, $\sum N = 21$, значит по первому правилу размерная схема составлена правильно.

$\sum (K + Z) = 18$, исходя из второго правила, размерная схема составлена неправильно. Такая разница объясняется наличием двух технологических размеров, обозначающих радиус фрезы при фрезеровании шпоночного паза. Следовательно, $\sum A = 20 - 2 = 18$, а также $\sum N = 21 - 2 = 19$. Значит, размерная схема соответствует двум правилам. Это, в свою очередь, означает, что размерная схема составлена правильно.

1.8 Назначение допусков на технологические размеры

Чтобы назначить допуски на технологические размеры, будем пользоваться таблицами средних статистических погрешностей механообработки [4, Приложение 1], а также определим допуск на диаметр заготовки $D_{0,1}$ по ГОСТ 2590-2006.

1.8.1 Назначение допусков на осевые технологические размеры

0) Отрезная операция

$$TA_{0,1} = \omega_{\text{ст}} + \rho_o = 1,50 + 0,05 = 1,55 \text{ мм.}$$

1) Фрезерно-центровальная операция

$$TA_{1,1} = TZ_{1,1};$$

$$TA_{1,1.2} = \omega_{\text{ст}} = 0,10 \text{ мм;}$$

$$TA_{1,2.1} = TA_{1,2.2} = \omega_{\text{ст}} = 0,10 \text{ мм.}$$

2) Предварительная токарная операция с ЧПУ

$$TA_{2,1} = \omega_{\text{ст}} = 0,10 \text{ мм;}$$

$$TA_{2,2} = \omega_{\text{ст}} = 0,10 \text{ мм;}$$

$$TA_{2,3} = \omega_{\text{ст}} = 0,10 \text{ мм.}$$

3) Чистовая токарно-фрезерная операция с ЧПУ

$$TA_{3,1} = \omega_{\text{ст}} = 0,10 \text{ мм;}$$

$$TA_{3,2} = \omega_{\text{ст}} = 0,10 \text{ мм;}$$

$$TA_{3,3} = \omega_{\text{ст}} + \varepsilon_6 = \omega_{\text{ст}} + TA_{1,1.2} = 0,10 + 0,10 = 0,20 \text{ мм;}$$

$$TA_{3,14} = \omega_{\text{ст}} + \varepsilon_6 = \omega_{\text{ст}} + TA_{1,1.2} = 0,10 + 0,10 = 0,20 \text{ мм;}$$

$$TA_{3,15} = \omega_{\text{ст}} + \varepsilon_6 = \omega_{\text{ст}} + TA_{1,1.2} = 0,10 + 0,10 = 0,20 \text{ мм;}$$

$$TA_{3,16} = \omega_{\text{ст}} + \varepsilon_6 = \omega_{\text{ст}} + TA_{1,1.2} = 0,10 + 0,10 = 0,20 \text{ мм;}$$

$$TA_{3,17} = \omega_{\text{ст}} + \varepsilon_6 = \omega_{\text{ст}} + TA_{1,1.2} = 0,12 + 0,10 = 0,22 \text{ мм;}$$

$$TA_{3,18} = \omega_{\text{ст}} + \varepsilon_6 = \omega_{\text{ст}} + TA_{1,1.2} = 0,12 + 0,10 = 0,22 \text{ мм.}$$

4) Сверлильная операция

$$TA_{4,1} = \omega_{\text{ст}} = 0,15 \text{ мм.}$$

1.8.2 Назначение допусков на диаметральные технологические размеры

0) Отрезная

$$TD_{0.1} = 1,4 \text{ мм.}$$

1) Предварительная токарная операция с ЧПУ

$$TD_{2.1} = \omega_{\text{ст}} = 0,390 \text{ мм;}$$

$$TD_{2.2} = \omega_{\text{ст}} = 0,390 \text{ мм;}$$

$$TD_{2.3} = \omega_{\text{ст}} = 0,390 \text{ мм;}$$

$$TD_{2.4} = \omega_{\text{ст}} = 0,460 \text{ мм.}$$

2) Чистовая токарная операция с ЧПУ

$$TD_{3.1} = \omega_{\text{ст}} = 0,100 \text{ мм;}$$

$$TD_{3.2} = \omega_{\text{ст}} = 0,100 \text{ мм;}$$

$$TD_{3.4} = \omega_{\text{ст}} = 0,100 \text{ мм;}$$

$$TD_{3.14} = \omega_{\text{ст}} = 0,084 \text{ мм.}$$

3) Сверлильная операция

$$TD_{4.1} = \omega_{\text{ст}} = 0,150 \text{ мм;}$$

$$TD_{4.2} = \omega_{\text{ст}} = 0,070 \text{ мм.}$$

4) Круглошлифовальная операция

$$TD_{7.1} = \omega_{\text{ст}} = 0,025 \text{ мм;}$$

$$TD_{7.2} = \omega_{\text{ст}} = 0,025 \text{ мм;}$$

$$TD_{7.3} = \omega_{\text{ст}} = 0,025 \text{ мм;}$$

$$TD_{7.4} = \omega_{\text{ст}} = 0,021 \text{ мм.}$$

1.9 Определение минимальных припусков

Для определения минимальных припусков воспользуемся нормативными материалами [5, с. 180], таблицами точности геометрической формы и расположения поверхностей при механической обработке [4, Приложение 2].

1.9.1 Определение минимальных припусков в осевом направлении

1) Минимальные припуски на фрезерование торцов заготовки

$$Z_{1.1}^{\min} = Z_{1.2}^{\min} = Rz_{0.1} + h_{0.1} + \rho_{\Sigma 0} + \varepsilon_{y1} = 0,2 + 0,05 + 0 = 0,25 \text{ мм.}$$

2) Минимальные припуски на точение торцов на чистовой токарной операции

$$Z_{3.1\min} = Z_{3.2\min} = Z_{3.14\min} = Rz_2 + h_2 + \sqrt{\sqrt{\rho_{p.п.2}^2 + \rho_{ф.п.2}^2} + \varepsilon_{y3}^2},$$

подставим значения из таблиц

$$Z_{3.1\min} = Z_{3.2\min} = Z_{3.14\min} = 0,050 + 0,060 + \sqrt{\sqrt{0,01^2 + 0,0025^2} + 0} = 0,013 \text{ мм.}$$

1.9.2 Определение минимальных припусков в диаметральном направлении

1) Минимальный припуск на предварительную токарную операцию

$$Z_{2.3\min}^{\varnothing} = 2 \left(Rz_0 + h_0 + \sqrt{\rho_k^2 + \varepsilon_y^2} \right) = 2 \left(0,160 + 0,250 + \sqrt{0,330^2 + 0} \right) = 1,5 \text{ мм.}$$

2) Минимальные припуски на чистовую токарную операцию

$$Z_{3.i\min}^{\varnothing} = 2 \left(Rz_2 + h_2 + \sqrt{\left(\sqrt{\rho_{p.ц.2}^2 + \rho_{ф.ц.2}^2} \right)^2 + \varepsilon_{y3}^2} \right),$$

$$Z_{3.i\min}^{\varnothing} = 2 \left(0,063 + 0,060 + \sqrt{\left(\sqrt{0,040^2 + 0,100^2} \right)^2 + 0} \right) = 0,5 \text{ мм.}$$

3) Минимальные припуски на круглое шлифование

$$Z_{7.i\min}^{\varnothing} = 2 \left(Rz_3 + \sqrt{\left(\sqrt{\rho_{p.ц.3}^2 + \rho_{ф.ц.3}^2} \right)^2 + \varepsilon_{y7}^2} \right),$$

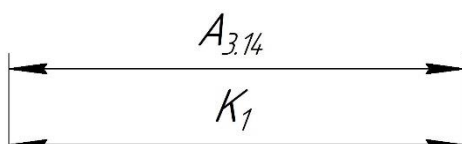
$$Z_{7.i\min}^{\varnothing} = 2 \left(0,020 + \sqrt{\left(\sqrt{0,016^2 + 0,060^2} \right)^2 + 0} \right) = 0,170 \text{ мм.}$$

1.10 Расчёт межоперационных размеров

Для расчёта межоперационных размеров воспользуемся методом среднего значения поля допуска и размерными схемами из подраздела 1.7.

1.10.1 Расчёт межоперационных размеров в осевом направлении

1) Найдём размер $A_{3.14}$

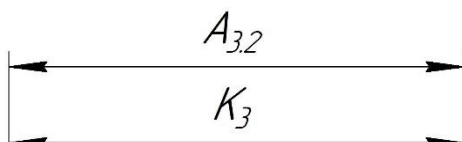


$$K_1 = 46,0 \pm 0,31 \text{ мм};$$

$$A_{3.14}^{\text{cp}} = K_1^{\text{cp}} = 46,0 \text{ мм};$$

$$A_{3.14} = 46,0 \pm 0,1 \text{ мм}.$$

2) Найдём размер $A_{3.2}$

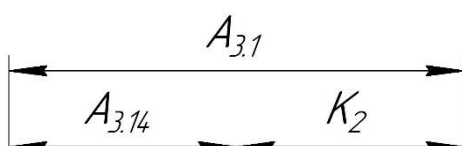


$$K_3 = 99,85 \pm 0,05 \text{ мм};$$

$$A_{3.2}^{\text{cp}} = K_3^{\text{cp}} = 99,85 \text{ мм};$$

$$A_{3.2} = 99,85 \pm 0,05 \text{ мм}.$$

3) Найдём размер $A_{3.1}$

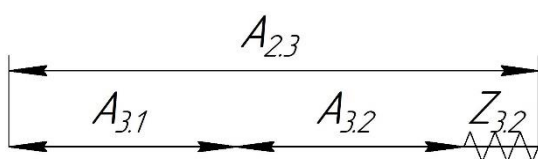


$$K_2 = 36,0 \pm 0,31 \text{ мм};$$

$$A_{3.1}^{\text{cp}} = K_2^{\text{cp}} + A_{3.14}^{\text{cp}} = 36 + 46 = 82 \text{ мм};$$

$$A_{3.1} = A_{3.1}^{\text{cp}} \pm \frac{TA_{3.1}}{2} = 82,0 \pm 0,05 \text{ мм}.$$

4) Найдём размер $A_{2.3}$



$$Z_{3.2 \text{ min}} = 0,013 \text{ мм};$$

$$Z_{3.2}^{\text{cp}} = A_{2.3}^{\text{cp}} - A_{3.1}^{\text{cp}} - A_{3.2}^{\text{cp}};$$

$$A_{2.3}^{\text{cp}} = A_{3.1}^{\text{cp}} + A_{3.2}^{\text{cp}} + Z_{3.2}^{\text{cp}};$$

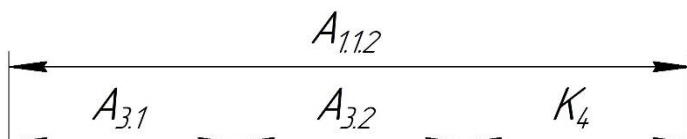
$$A_{2.3}^{\text{cp}} = A_{3.1}^{\text{cp}} + A_{3.2}^{\text{cp}} + \frac{2Z_{3.2 \text{ min}} + TA_{2.3} + TA_{3.1} + TA_{3.2}}{2};$$

$$A_{2.3}^{\text{cp}} = 82,00 + 99,85 + \frac{2 \cdot 0,013 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{2} = 182,013 \text{ мм};$$

$$A_{2.3} = 182,013 \pm 0,05 \approx 182,1 \pm 0,05 \text{ мм};$$

$$Z_{3.2} = 182,1 \pm 0,05 - 82,00 \pm 0,05 - 99,85 \pm 0,05 = 0,25^{+0,15}_{-0,15} \text{ мм}.$$

5) Найдём размер $A_{1.1.2}$



$$K_4 = 33,0 \pm 0,31 \text{ мм};$$

$$K_4 = A_{1.1.2} - (A_{3.1} + A_{3.2});$$

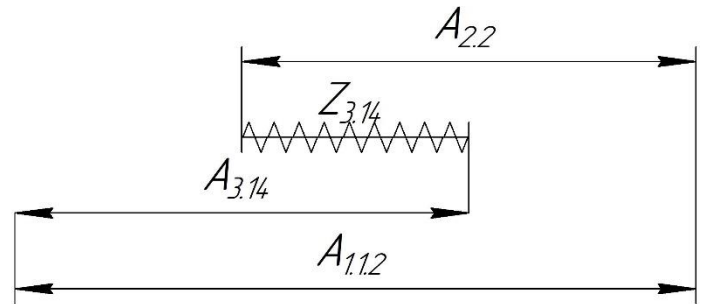
$$A_{1.1.2}^{\text{cp}} = K_4^{\text{cp}} + A_{3.1}^{\text{cp}} + A_{3.2}^{\text{cp}} = 33 + 82 + 99,85 = 214,85 \text{ мм};$$

$$A_{1.1.2} = 214,85 \pm 0,05 \text{ мм}.$$

6) Найдём размер $A_{2.2}$

$$Z_{3.14\min} = 0,013\text{мм};$$

$$Z_{3.14}^{\text{cp}} = A_{2.2}^{\text{cp}} + A_{3.14}^{\text{cp}} - A_{1.1.2}^{\text{cp}};$$

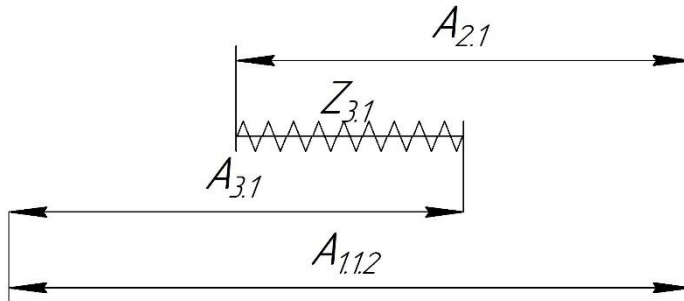


$$A_{2.2}^{\text{cp}} = 214,85 + \frac{2 \cdot 0,013 + 0,1 + 0,1 + 0,2}{2} - 46,0 = 169,063\text{мм};$$

$$A_{2.2} = 169,063 \pm 0,05 \approx 169,1 \pm 0,05\text{мм};$$

$$Z_{3.14} = 169,1 \pm 0,05 + 46,0 \pm 0,1 - 214,85 \pm 0,05 = 0,25_{-0,2}^{+0,2}\text{мм}.$$

7) Найдём размер $A_{2.1}$



$$Z_{3.1\min} = 0,013\text{мм};$$

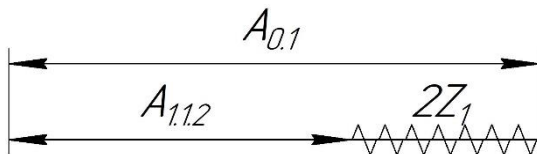
$$Z_{3.1}^{\text{cp}} = A_{2.1}^{\text{cp}} + A_{3.1}^{\text{cp}} - A_{1.1.2}^{\text{cp}};$$

$$A_{2.1}^{\text{cp}} = 214,85 + \frac{2 \cdot 0,013 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{2} - 82 = 133,013\text{мм};$$

$$A_{2.1} = 133,013 \pm 0,05 \approx 133,1 \pm 0,05\text{мм};$$

$$Z_{3.1} = 133,1 \pm 0,05 + 82,00 \pm 0,05 - 214,85 \pm 0,05 = 0,25_{-0,15}^{+0,15}\text{мм}.$$

8) Найдём размер $A_{0.1}$



$$Z_{1\min} = 0,25\text{мм};$$

$$2Z_1^{\text{cp}} = A_{0.1}^{\text{cp}} - A_{1.1.2}^{\text{cp}};$$

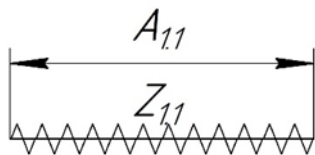
$$A_{0.1}^{\text{cp}} = 214,85 + 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,25 + 1,55 + 0,1}{2} \right) = 217\text{мм};$$

$$A_{0.1} = 217 \pm 0,775 \approx 218_{-1,55}\text{мм};$$

$$2Z_1 = 218_{-1,55} - 214,85 \pm 0,05 = 3,15_{-1,60}^{+0,05}\text{мм};$$

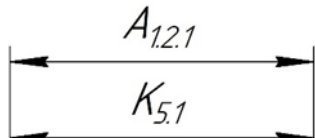
$$Z_{1.1} = Z_{1.2} = \frac{2Z_1}{2} = \frac{3,15_{-1,60}^{+0,05}}{2} = 1,6_{-0,825}\text{мм}.$$

9) Найдём размер $A_{1.1}$



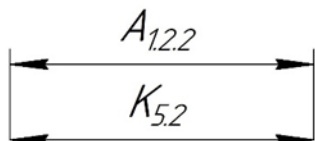
$$A_{1.1} = Z_{1.1} = 1,6_{-0,825} \text{ мм.}$$

10) Найдём размер $A_{1.2.1}$



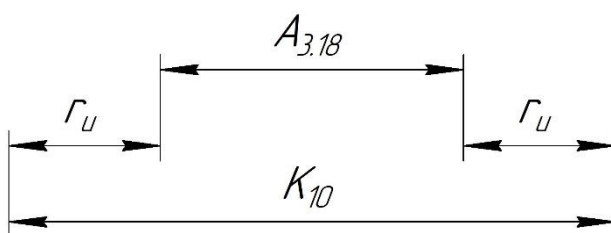
$$A_{1.2.1} = K_{5.1} = 8,9 \pm 0,180 \text{ мм.}$$

11) Найдём размер $A_{1.2.2}$



$$A_{1.2.2} = K_{5.2} = 8,9 \pm 0,180 \text{ мм.}$$

12) Найдём размер $A_{3.18}$



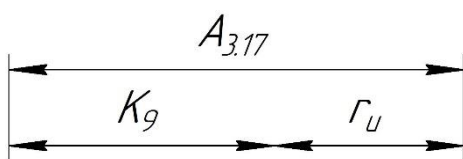
$$K_{10} = 40,0^{+0,62} \text{ мм;}$$

$$2 \cdot r_{\text{н}} = d_{\text{н}} = 8,00_{-0,035}^{-0,013} \text{ мм;}$$

$$A_{3.18}^{\text{cp}} = K_{10}^{\text{cp}} - d_{\text{н}}^{\text{cp}} = 40,31 - 7,846 = 32,464 \text{ мм;}$$

$$A_{3.18} = 32,464 \pm 0,11 \text{ мм} \approx 32,4 \pm 0,11 \text{ мм.}$$

13) Найдём размер $A_{3.17}$



$$K_9 = 3,0_{-0,25} \text{ мм;}$$

$$A_{3.17}^{\text{cp}} = K_9^{\text{cp}} + \frac{d_{\text{н}}^{\text{cp}}}{2} = 2,875 + \frac{7,846}{2} = 6,798 \text{ мм;}$$

$$A_{3.17} = 6,798 \pm 0,11 \text{ мм} \approx 6,8 \pm 0,11 \text{ мм.}$$

Выполним проверку конструкторского размера K_9

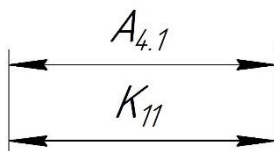
$$K_9 = 6,8 \pm 0,11 - 3,923 \pm 0,012 = 2,877 \pm 0,122 \text{ мм;}$$

$$K_{9\text{min}} = 2,755 \text{ мм;}$$

$$K_{9\text{max}} = 2,999 \text{ мм.}$$

Следовательно, размер $A_{3.17}$ рассчитан правильно.

14) Найдём размер $A_{4.1}$



$$K_{11} = 25 \pm 0,26 \text{ мм};$$

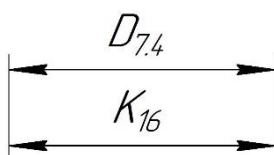
$$A_{4.1}^{\text{cp}} = K_{11}^{\text{cp}} = 25 \text{ мм};$$

$$A_{4.1} = 25,00 \pm 0,075 \text{ мм}.$$

15) Размеры с $A_{3.5}$ по $A_{3.15}$ выдерживаются непосредственно, так как равны конструкторским.

1.10.2 Расчёт межоперационных размеров в диаметральном направлении

1) Найдём размер $D_{7.4}$



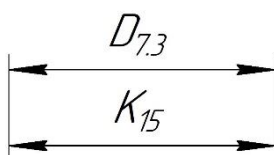
$$K_{16} = 25,00_{-0,03} \text{ мм};$$

$$D_{7.4}^{\text{cp}} = K_{16}^{\text{cp}} = 24,985 \text{ мм}.$$

Принимаем $TD_{7.4} = TK_{16} = 0,03 \text{ мм}$, тогда

$$D_{7.4} = 24,985 \pm 0,015 \text{ мм} = 25,00_{-0,03} \text{ мм}.$$

2) Найдём размер $D_{7.3}$



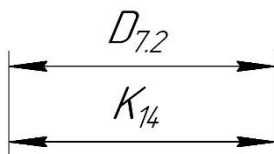
$$K_{15} = 32,00_{-0,04}^{+0,01} \text{ мм};$$

$$D_{7.3}^{\text{cp}} = K_{15}^{\text{cp}} = 31,975 \text{ мм}.$$

Принимаем $TD_{7.3} = TK_{15} = 0,03 \text{ мм}$, тогда

$$D_{7.3} = 31,975 \pm 0,015 \text{ мм} = 31,99_{-0,03} \text{ мм}.$$

3) Найдём размер $D_{7.2}$



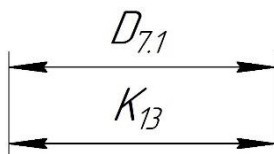
$$K_{14} = 32,00_{-0,04}^{+0,01} \text{ мм};$$

$$D_{7.2}^{\text{cp}} = K_{14}^{\text{cp}} = 31,975 \text{ мм}.$$

Принимаем $TD_{7.2} = TK_{14} = 0,03 \text{ мм}$, тогда

$$D_{7.2} = 31,975 \pm 0,015 \text{ мм} = 31,99_{-0,03} \text{ мм}.$$

4) Найдём размер $D_{7.1}$



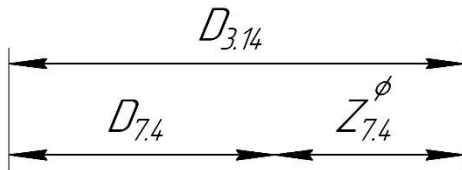
$$K_{13} = 47,50_{-0,03} \text{ мм};$$

$$D_{7.1}^{\text{cp}} = K_{13}^{\text{cp}} = 47,485 \text{ мм}.$$

Принимаем $TD_{7.1} = TK_{13} = 0,03 \text{ мм}$, тогда

$$D_{7.1} = 47,485 \pm 0,015 \text{ мм} = 47,50_{-0,03} \text{ мм}.$$

5) Найдём размер $D_{3.14}$



$$Z_{7.4 \min}^{\varnothing} = 0,170 \text{ мм};$$

$$Z_{7.4}^{\varnothing \text{cp}} = D_{3.14}^{\text{cp}} - D_{7.4}^{\text{cp}};$$

$$D_{3.14}^{\text{cp}} = D_{7.4}^{\text{cp}} + Z_{7.4}^{\varnothing \text{cp}} = D_{7.4}^{\text{cp}} + \frac{2 \cdot Z_{7.4 \min}^{\varnothing} + TD_{7.4} + TD_{3.14}}{2};$$

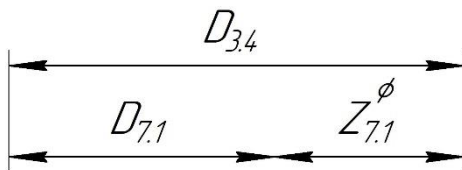
подставив значения, получим

$$D_{3.14}^{\text{cp}} = 24,985 + \frac{2 \cdot 0,170 + 0,03 + 0,084}{2} = 25,212 \text{ мм};$$

$$D_{3.14} = 25,212 \pm 0,042 = 25,254_{-0,084} \approx 25,26_{-0,084} \text{ мм};$$

$$Z_{7.4}^{\varnothing} = D_{3.14} - D_{7.4} = 25,26_{-0,084} - 25,00_{-0,03} = 0,26_{-0,084}^{+0,030} \text{ мм}.$$

6) Найдём размер $D_{3.4}$



$$Z_{7.1 \min}^{\varnothing} = 0,170 \text{ мм};$$

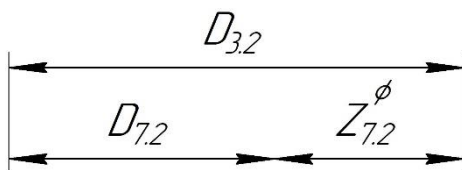
$$Z_{7.1}^{\varnothing \text{cp}} = D_{3.4}^{\text{cp}} - D_{7.1}^{\text{cp}};$$

$$D_{3.4}^{\text{cp}} = 47,485 + \frac{2 \cdot 0,170 + 0,03 + 0,10}{2} = 47,72 \text{ мм};$$

$$D_{3.4} = 47,72 \pm 0,05 = 47,77_{-0,1} \approx 47,8_{-0,1} \text{ мм};$$

$$Z_{7.1}^{\varnothing} = D_{3.4} - D_{7.1} = 47,8_{-0,1} - 47,50_{-0,03} = 0,3_{-0,10}^{+0,03} \text{ мм}.$$

7) Найдём размер $D_{3.2}$



$$Z_{7.2 \min}^{\varnothing} = 0,170 \text{ мм};$$

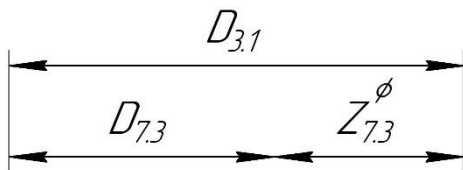
$$Z_{7.2}^{\varnothing \text{cp}} = D_{3.2}^{\text{cp}} - D_{7.2}^{\text{cp}};$$

$$D_{3.2}^{\text{cp}} = 31,975 + \frac{2 \cdot 0,170 + 0,03 + 0,10}{2} = 32,21 \text{ мм};$$

$$D_{3.2} = 32,21 \pm 0,05 = 32,26_{-0,1} \approx 32,3_{-0,1} \text{ мм};$$

$$Z_{7.2}^{\varnothing} = D_{3.2} - D_{7.2} = 32,3_{-0,1} - 31,99_{-0,03} = 0,31_{-0,10}^{+0,03} \text{ мм}.$$

8) Найдём размер $D_{3.1}$



$$Z_{7.3\min}^{\emptyset} = 0,170 \text{ мм};$$

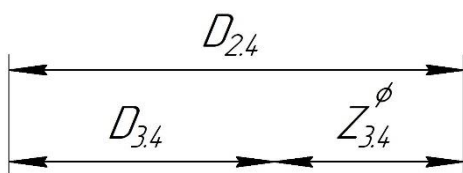
$$Z_{7.3}^{\emptyset\text{cp}} = D_{3.1}^{\text{cp}} - D_{7.3}^{\text{cp}};$$

$$D_{3.1}^{\text{cp}} = 31,975 + \frac{2 \cdot 0,170 + 0,03 + 0,10}{2} = 32,21 \text{ мм};$$

$$D_{3.1} = 32,21 \pm 0,05 = 32,26_{-0,1} \approx 32,3_{-0,1} \text{ мм};$$

$$Z_{7.3}^{\emptyset} = D_{3.1} - D_{7.3} = 32,3_{-0,1} - 31,99_{-0,03} = 0,31_{-0,10}^{+0,03} \text{ мм}.$$

9) Найдём размер $D_{2.4}$



$$Z_{3.4\min}^{\emptyset} = 0,5 \text{ мм};$$

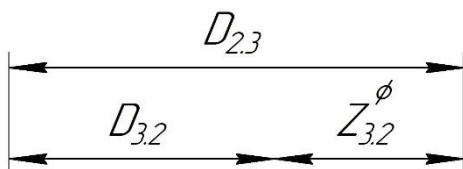
$$Z_{3.4}^{\emptyset\text{cp}} = D_{2.4}^{\text{cp}} - D_{3.4}^{\text{cp}};$$

$$D_{2.4}^{\text{cp}} = 47,75 + \frac{2 \cdot 0,5 + 0,100 + 0,460}{2} = 48,53 \text{ мм};$$

$$D_{2.4} = 48,53 \pm 0,230 = 48,76_{-0,460} \approx 48,8_{-0,460} \text{ мм};$$

$$Z_{3.4}^{\emptyset} = D_{2.4} - D_{3.4} = 48,8_{-0,460} - 47,8_{-0,1} = 1,0_{-0,460}^{+0,100} \text{ мм}.$$

10) Найдём размер $D_{2.3}$



$$Z_{3.2\min}^{\emptyset} = 0,5 \text{ мм};$$

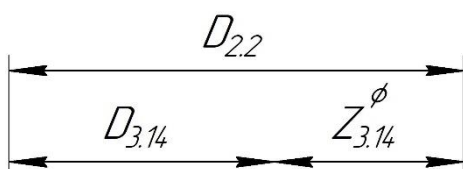
$$Z_{3.2}^{\emptyset\text{cp}} = D_{2.3}^{\text{cp}} - D_{3.2}^{\text{cp}};$$

$$D_{2.3}^{\text{cp}} = 32,25 + \frac{2 \cdot 0,5 + 0,390 + 0,100}{2} = 32,995 \text{ мм};$$

$$D_{2.3} = 32,995 \pm 0,195 = 33,19_{-0,390} \approx 33,2_{-0,390} \text{ мм};$$

$$Z_{3.2}^{\emptyset} = D_{2.3} - D_{3.2} = 33,2_{-0,390} - 32,3_{-0,1} = 0,9_{-0,390}^{+0,100} \text{ мм}.$$

11) Найдём размер $D_{2.2}$



$$Z_{3.14\min}^{\emptyset} = 0,5 \text{ мм};$$

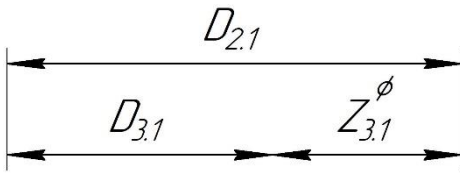
$$Z_{3.14}^{\emptyset\text{cp}} = D_{2.2}^{\text{cp}} - D_{3.14}^{\text{cp}};$$

$$D_{2.2}^{\text{cp}} = 25,212 + \frac{2 \cdot 0,5 + 0,390 + 0,084}{2} = 25,949 \text{ мм};$$

$$D_{2.2} = 25,949 \pm 0,195 = 26,144_{-0,390} \approx 26,2_{-0,390} \text{ мм};$$

$$Z_{3.14}^{\emptyset} = D_{2.2} - D_{3.14} = 26,2_{-0,390} - 25,26_{-0,084} = 0,94_{-0,390}^{+0,084} \text{ мм.}$$

12) Найдём размер $D_{2.1}$



$$Z_{3.1\min}^{\emptyset} = 0,5 \text{ мм;}$$

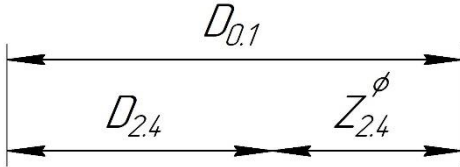
$$Z_{3.1}^{\emptyset\text{cp}} = D_{2.1}^{\text{cp}} - D_{3.1}^{\text{cp}};$$

$$D_{2.1}^{\text{cp}} = 32,25 + \frac{2 \cdot 0,5 + 0,390 + 0,100}{2} = 32,995 \text{ мм;}$$

$$D_{2.1} = 32,995 \pm 0,195 = 33,19_{-0,390} \approx 33,2_{-0,390} \text{ мм;}$$

$$Z_{3.1}^{\emptyset} = D_{2.1} - D_{3.1} = 33,2_{-0,390} - 32,3_{-0,1} = 0,9_{-0,390}^{+0,100} \text{ мм.}$$

13) Найдём размер $D_{0.1}$



$$Z_{2.4\min}^{\emptyset} = 1,5 \text{ мм;}$$

$$Z_{2.4}^{\emptyset\text{cp}} = D_{0.1}^{\text{cp}} - D_{2.4}^{\text{cp}};$$

$$D_{0.1}^{\text{cp}} = 48,53 + \frac{2 \cdot 1,5 + 1,4 + 0,460}{2} = 50,96 \text{ мм;}$$

Принимаем $D_{0.1}$ по ГОСТ 2590-2006

$$D_{0.1} = 52_{-1,0}^{+0,4} \text{ мм;}$$

$$Z_{2.4}^{\emptyset} = D_{0.1} - D_{2.4} = 52_{-1,0}^{+0,4} - 48,8_{-0,460} = 3,2_{-1,0}^{+0,86} \text{ мм.}$$

14) Размеры с $D_{3.5}$ по $D_{3.13}$ выдерживаются непосредственно, так как равны конструкторским.

Расчёт технологических размеров на фаски

1) Найдём размер $A_{3.3}$

$$K_{6.1} = 0,5 \pm 0,2 \text{ мм;}$$

$$A_{3.3}^{\text{cp}} = K_{6.1}^{\text{cp}} + \frac{D_{3.2}^{\text{cp}} - D_{7.2}^{\text{cp}}}{2} = 0,5 + \frac{32,21 - 31,975}{2} = 0,6175 \text{ мм;}$$

$$A_{3.3} = 0,6175 \pm 0,1 \approx 0,6 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

2) Найдём размер $A_{3.15}$

$$K_{6.2} = 0,5 \pm 0,2 \text{ мм;}$$

$$A_{3.15}^{\text{cp}} = K_{6.2}^{\text{cp}} + \frac{D_{3.1}^{\text{cp}} - D_{7.3}^{\text{cp}}}{2} = 0,5 + \frac{32,21 - 31,975}{2} = 0,6175 \text{ мм;}$$

$$A_{3,15} = 0,6175 \pm 0,1 \approx 0,6 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

3) Найдём размер $A_{3,16}$

$$K_{6,3} = 0,5 \pm 0,2 \text{ мм;}$$

$$A_{3,16}^{\text{ср}} = K_{6,3}^{\text{ср}} + \frac{D_{3,14}^{\text{ср}} - D_{7,4}^{\text{ср}}}{2} = 0,5 + \frac{25,212 - 24,985}{2} = 0,6135 \text{ мм;}$$

$$A_{3,16} = 0,6135 \pm 0,1 \approx 0,6 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

1.11 Уточнение оборудования и инструмента

0) Заготовительная операция

Оборудование: автоматический ленточно-отрезной станок FMB ZEUS+CN. Его основные технические характеристики приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Технические характеристики FMB ZEUS+CN

Вес, кг	1100
Габариты, мм	2300x1800x1700
Высота рабочего стола, мм	850
Размер пилы, мм	3300x27x0,9
Скорость пилы, м/мин	16÷120
Размер разрезаемой заготовки, мм	260
Мощность двигателя пилы, кВт	1,1
Насос СОЖ, кВт	0,09

1) Фрезерно-центровальная операция

Оборудование: полуавтомат фрезерно-центровальный MP71M. Его основные технические характеристики приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 - Технические характеристики MP71M

Вес, кг	6100
Габариты, мм	3140x1630x1740
Пределы диаметров обрабатываемых деталей, мм	25-125
Пределы длин обрабатываемых деталей, мм	200-500
Наибольший поперечный общий ход фр. г., мм	220
Пределы чисел оборотов фр. г., об/мин	125-712
Пределы подач фр. г., мм/мин	20-400
Пределы диаметров применяемых фрез, мм	90-160
Наибольший общий ход св. г., мм	75
Пределы чисел оборотов св. г., об/мин	238-1125
Пределы подач св. г., мм/мин	20-300

Продолжение таблицы 1.5

Электродвигатель трёхфазного тока фр. г.:	
Мощность, кВт	7,5 или 10
Число оборотов, об/мин	1440/1460
Электродвигатель трёхфазного тока св. г.:	
Мощность, кВт	2,2 или 3
Число оборотов, об/мин	1420

Инструменты:

а) Фрезы:

Фреза 2214-0002 T15K6 60° ГОСТ 24359-80.

б) Центровочные свёрла:

Сверло 2317-0007 ГОСТ 14952-75.

2) Предварительная токарная операция с ЧПУ

Оборудование: токарный станок с ЧПУ TC16A20Ф3. Его основные технические характеристики представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 - Технические характеристики TC16A20Ф3

Вес, кг	1800
Габариты, мм	2220x1150x1500
Макс. диаметр изделия над станиной, мм	400
Макс. диаметр изделия типа диск, мм	340
Макс. диаметр обработки типа вал, мм	210
РМЦ, мм	750
Макс. вес заготовки, кг	170
Рабочая подача, мм/мин	0,01-4000
Точность позиционирования по осям X/Z, мм	±0,005
Диапазон скоростей шпинделя, об/мин	20-2050
Момент на шпинделе, Нм	48
Мощность э/д шпинделя, кВт	7,5

Инструменты:

а) Резец 2100-2181 ГОСТ 26611-85 с пластиной по ГОСТ 19056-80.

3) Чистовая токарно-фрезерная операция с ЧПУ

Оборудование: токарный обрабатывающий центр EMCO. Серия EMCOTURN. Модель E25. Его основные технические характеристики представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 - Технические характеристики EMCOTURN E25

Вес, кг	1100
---------	------

Габариты, мм	1700x1270x1820
Диаметр вращения над станиной, мм	250
Диаметр вращения над поперечными салазками, мм	85
РМЦ, мм	405
Перемещение по осям X/Z, мм	100/300
Частота вращения главного шпинделя, об/мин	60-6300
Момент на шпинделе, Нм	35
Частота вращения приводного инструмента, об/мин	0-6000
Макс. крутящий момент, Нм	4
Точность по осям X/Z, мм	±0,01/1000

Инструменты:

- а) Резец 2100-2181 ГОСТ 26611-85 с пластиной по ГОСТ 19056-80;
- б) Резец 2100-2182 ГОСТ 26611-85 с пластиной по ГОСТ 19056-80;
- в) Резец 2101-0795 ГОСТ 20872-80;
- г) Фреза 2234-0363 Н9 ГОСТ 9140-78.
- 4) Сверлильная и резьбонарезная операция

Оборудование: токарно-винторезный станок модель 1А616. Его основные технические характеристики представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 - Технические характеристики 1А616

Вес, кг	около 1500
Габариты, мм	2135x1225x1220
Высота центров, мм	165
РМЦ, мм	710
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над суппортом, мм	180
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной, мм	320
Наибольшая длина обтачивания, мм	660
Пределы скоростей прямого и обратного вращения, об/мин	9-1800
Наибольшее перемещение пиноли, мм	120
Цена одного деления шкалы перемещения пиноли, мм	1
Мощность э/д главного движения, кВт	4

Инструменты:

- а) Сверло 2301-3559-А1 ГОСТ10903-77;
- б) Зенковка 2353-0121 ГОСТ 14953-80;
- в) Метчик 2621-1225 ГОСТ 3266-81.
- г) Метчик 2621-1223 ГОСТ 3266-81

5) Круглошлифовальная операция

Оборудование: круглошлифовальный полуавтомат 3М151. Его основные технические характеристики представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 - Технические характеристики 3М151

Масса станка, кг	5600
Габариты, мм	4605x2450x2170
Пределы диаметров обрабатываемых изделий, мм	10-200
Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм	700
Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг	55
Высота центров, мм	125
Скорость вращения шпинделя шлиф. бабки, об/мин	1590
Скорость вращения заготовки, об/мин	50...500
Размер шлифовального круга, мм	600x80x305
Мощность ЭД шпинделя шлиф. бабки, кВт	10

Инструменты:

а) Круг шлифовальный 1 600x80x305 25А 40 С2 6 К5 50 м/с А 1 кл.
ГОСТ 2424-83.

1.12 Назначение режимов резания

Для назначения режимов резания, в основном, будем пользоваться главой 4 справочника технолога машиностроителя [16]

1.12.1 Отрезная операция

1) Подача

$$s_m = 26 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

2) Скорость резания

$$v = 8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

1.12.2 Фрезерно-центровальная операция

1.12.2.1 Фрезерование

1) Глубина резания

$$t = Z_{1,i}^{\text{cp}} = 1,2 \text{ мм.}$$

2) Подача [16, таблица 37]

$$s = 1,0 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

Тогда подача на один зуб фрезы равна

$$s_z = \frac{s}{z} = \frac{1,0}{8} = 0,125 \text{ мм}.$$

3) Скорость резания

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 1,0^{0,1} \cdot 0,125^{0,4} \cdot 52^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,8 = 241,708 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

где $K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8$; коэффициент C_v и показатели степеней берутся из таблицы 39; $T = 180$ мин по таблице 40.

Следовательно, частота вращения фрезы равна

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 241,708}{3,14 \cdot 100} = 769,381 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем частоту вращения шпинделя из технических характеристик станка

$$n_{\text{пр}} = 712 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Тогда скорость резания будет равна

$$v_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{пр}} \pi D}{1000} = \frac{712 \cdot 3,14 \cdot 100}{1000} = 223,681 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Силы резания

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{Mp} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 1,2^{1,0} \cdot 0,125^{0,75} \cdot 52^{1,1} \cdot 8}{100^{1,3} \cdot 712^{0,2}} \cdot 0,98 = 851 \text{ Н},$$

где значения C_p и показателей степени берутся из таблицы 41;

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left(\frac{710}{750} \right)^{0,3} = 0,98.$$

5) Крутящий момент

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{851 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 425,5 \text{ Нм}.$$

6) Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \nu}{1020 \cdot 60} = \frac{851 \cdot 223,681}{1020 \cdot 60} = 3,11 \text{ кВт.}$$

1.12.2.2 Сверление центровых отверстий

1) Глубина резания

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ мм.}$$

2) Подача по таблице 25

$$s = 0,10 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

3) Скорость резания

$$\nu = \frac{C_\nu D^q}{T^m s^y} K_\nu = \frac{7,0 \cdot 4^{0,40}}{15^{0,20} \cdot 0,10^{0,70}} \cdot 0,3 = 10,662 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

где $K_\nu = K_{M\nu} K_{P\nu} K_{I\nu} = 0,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,3$; коэффициент C_ν и показатели степеней берутся из таблицы 28; $T = 15$ мин по таблице 30.

Следовательно, частота вращения сверла равна

$$n = \frac{1000\nu}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 10,662}{3,14 \cdot 4} = 848,428 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем частоту вращения шпинделя из технических характеристик станка

$$n_{\text{пр}} = 815 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Тогда скорость резания будет равна

$$\nu_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{пр}} \pi D}{1000} = \frac{815 \cdot 3,14 \cdot 4}{1000} = 10,242 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Крутящий момент

$$M_{\text{кр}} = 10C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^{2,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,96 = 0,84 \text{ Нм,}$$

где значения C_M и показателей степени берутся из таблицы 32;

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left(\frac{710}{750} \right)^{0,75} = 0,96.$$

5) Осевая сила

$$P_o = 10C_p D^q s^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,96 = 521 \text{ Н,}$$

где значения C_p и показателей степени берутся из таблицы 32; $K_p = K_{Mp} = 0,96$.

б) Мощность резания

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{0,84 \cdot 815}{9750} = 0,07 \text{ кВт.}$$

1.12.3 Предварительная токарная операция с ЧПУ

1.12.3.1 Точение поверхностей 1 и 3

1) Глубина резания

$$t = \frac{D_{0.1}^{cp} - D_{2.1,2.3}^{cp}}{2} = \frac{51,7 - 33,005}{2} = 9,35 \text{ мм.}$$

Так как значение глубины резания слишком велико, то разобьём её на несколько проходов

$$t_1 = 3,25 \text{ мм;}$$

$$t_2 = 3,10 \text{ мм;}$$

$$t_3 = 3,00 \text{ мм.}$$

2) Подача по таблице 11

$$s = 0,4 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

3) Скорость резания

$$v_1 = \frac{C_v}{T^m t_1^x s^y} K_{v1} = \frac{350}{30^{0,20} \cdot 3,25^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,72 = 147,392 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$v_2 = \frac{350}{30^{0,20} \cdot 3,10^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,8 = 164,933 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$v_3 = \frac{350}{30^{0,20} \cdot 3,00^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,8 = 165,747 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Значения C_v , m , x , y выбраны из таблицы 17,
 $K_{v1} = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,72$; $K_{v2,3} = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8$.

Частоты вращения шпинделя будут равны, соответственно

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 147,392}{3,14 \cdot 52} = 902,237 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Для удобства округлим, т.е. $n_{\text{пр}} = 902 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$.

$$\text{Тогда } v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 902}{1000} = 147,353 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Частота вращения для второго прохода

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 164,933}{3,14 \cdot 45,5} = 1153,842 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$n_{2\text{пр}} = 1154 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$v_{2\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 45,5 \cdot 1154}{1000} = 164,956 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Частота вращения для третьего прохода

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 165,747}{3,14 \cdot 39,3} = 1342,466 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$n_{3\text{пр}} = 1343 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$v_{3\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 39,3 \cdot 1343}{1000} = 165,813 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Силы резания

Для первого прохода:

$$P_{z1} = 10 C_p t_1^x s^y v_{\text{пр}}^n K_{pz} = 10 \cdot 300 \cdot 3,25^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 147,353^{-0,15} \cdot 0,78 = 1810 \text{ Н};$$

$$P_{y1} = 10 C_p t_1^x s^y v_{\text{пр}}^n K_{py} = 10 \cdot 243 \cdot 3,25^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 147,353^{-0,3} \cdot 0,38 = 344 \text{ Н};$$

$$P_{x1} = 10 C_p t_1^x s^y v_{\text{пр}}^n K_{px} = 10 \cdot 339 \cdot 3,25^{1,0} \cdot 0,4^{0,5} \cdot 147,353^{-0,4} \cdot 1,35 = 1275 \text{ Н}.$$

Для второго прохода:

$$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 3,10^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 164,956^{-0,15} \cdot 0,78 = 1697 \text{ Н};$$

$$P_{y2} = 10 \cdot 243 \cdot 3,10^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 164,956^{-0,3} \cdot 0,38 = 319 \text{ Н};$$

$$P_{x2} = 10 \cdot 339 \cdot 3,10^{1,0} \cdot 0,4^{0,5} \cdot 164,956^{-0,4} \cdot 1,35 = 1162 \text{ Н}.$$

Для третьего прохода:

$$P_{z3} = 10 \cdot 300 \cdot 3,00^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 165,813^{-0,15} \cdot 0,78 = 1641 \text{ Н};$$

$$P_{y3} = 10 \cdot 243 \cdot 3,00^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 165,813^{-0,3} \cdot 0,38 = 309 \text{ Н};$$

$$P_{x3} = 10 \cdot 339 \cdot 3,00^{1,0} \cdot 0,4^{0,5} \cdot 165,813^{-0,4} \cdot 1,35 = 1122 \text{ Н}.$$

Значения C_p , x , y и n выбраны из таблицы 22,

$$K_{pz} = K_{Mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,96 \cdot 0,89 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,78;$$

$$K_{py} = K_{Mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,96 \cdot 0,50 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,66 = 0,38;$$

$$K_{px} = K_{Mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,96 \cdot 1,17 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,35.$$

5) Мощность резания рассчитаем для самой большой силы

$$N = \frac{P_z \nu}{1020 \cdot 60} = \frac{1810 \cdot 147,353}{1020 \cdot 60} = 4,4 \text{ кВт}.$$

1.12.3.2 Точение поверхности 2

1) Глубина резания

$$t = \frac{D_{2.1}^{cp} - D_{2.2}^{cp}}{2} = \frac{33,005 - 26,005}{2} = 3,5 \text{ мм}.$$

2) Подача

$$s = 0,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

3) Скорость резания

$$\nu = \frac{420}{30^{0,20} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,20}} \cdot 0,8 = 179,424 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Следовательно, частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 179,424}{3,14 \cdot 33,2} = 1720,254 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$n_{np} = 1720 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$\nu_{np} = \frac{3,14 \cdot 33,2 \cdot 1720}{1000} = 179,398 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Силы резания

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,50^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 179,398^{-0,15} \cdot 0,78 = 1525 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 3,50^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 179,398^{-0,3} \cdot 0,38 = 292 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 3,50^{1,0} \cdot 0,4^{0,5} \cdot 179,398^{-0,4} \cdot 1,35 = 1099 \text{ Н.}$$

5) Мощность резания

$$N = \frac{1525 \cdot 179,398}{1020 \cdot 60} = 4,5 \text{ кВт.}$$

1.12.3.3 Точение поверхности 4

1) Глубина резания

$$t = \frac{Z_{2.4}^{\varnothing_{\text{ср}}}}{2} = \frac{3,13}{2} = 1,56 \text{ мм.}$$

2) Подача

$$s = 0,7 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

3) Скорость резания

$$v = \frac{350}{30^{0,20} \cdot 1,56^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 0,72 = 135,277 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 135,277}{3,14 \cdot 52} = 828,077 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$n_{\text{пр}} = 828 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 828}{1000} = 135,264 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Силы резания

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,56^{1,0} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 135,264^{-0,15} \cdot 0,78 = 1339 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,56^{0,9} \cdot 0,7^{0,6} \cdot 135,264^{-0,3} \cdot 0,38 = 255 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,56^{1,0} \cdot 0,7^{0,5} \cdot 135,264^{-0,4} \cdot 1,35 = 838 \text{ Н.}$$

5) Мощность резания

$$N = \frac{1339 \cdot 135,262}{1020 \cdot 60} = 3 \text{ кВт.}$$

1.12.4 Чистовая токарно-фрезерная операция с ЧПУ

1.12.4.1 Точение поверхностей 1 и 2

1) Глубина резания

$$t = \frac{Z_{3.1,3.2}^{\varnothing_{\text{ср}}}}{2} = \frac{0,755}{2} = 0,38 \text{ мм.}$$

2) Подача

$$s = 0,25 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

3) Скорость резания

$$v = \frac{420}{30^{0,20} \cdot 0,38^{0,15} \cdot 0,25^{0,20}} \cdot 0,8 = 259,633 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 259,633}{3,14 \cdot 33,2} = 2489,270 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$n_{\text{пр}} = 2489 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 33,2 \cdot 2489}{1000} = 259,605 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Силы резания

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,38^{1,0} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 259,605^{-0,15} \cdot 0,78 = 137 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,38^{0,9} \cdot 0,7^{0,6} \cdot 259,605^{-0,3} \cdot 0,38 = 32 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0,38^{1,0} \cdot 0,7^{0,5} \cdot 259,605^{-0,4} \cdot 1,35 = 94 \text{ Н}.$$

5) Мощность резания

$$N = \frac{137 \cdot 259,605}{1020 \cdot 60} = 0,6 \text{ кВт.}$$

При точении фаски $A_{3,3}$ подача $s = 0,1 \text{ мм/об}$, чтобы $Ra < 6,3 \text{ мкм}$.

1.12.4.2 Точение поверхности 3

1) Глубина резания

$$t = \frac{Z_{3.4}^{\varnothing_{\text{ср}}}}{2} = \frac{0,82}{2} = 0,41 \text{ мм.}$$

2) Подача

$$s = 0,25 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

3) Скорость резания

$$v = \frac{420}{30^{0,20} \cdot 0,41^{0,15} \cdot 0,25^{0,20}} \cdot 0,8 = 256,69 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 259,69}{3,14 \cdot 48,8} = 1693,891 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$n_{\text{пр}} = 1694 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 48,8 \cdot 1694}{1000} = 259,707 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Силы резания

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,41^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 259,707^{-0,15} \cdot 0,79 = 148 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,41^{0,9} \cdot 0,7^{0,6} \cdot 259,707^{-0,3} \cdot 0,49 = 44 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0,41^{1,0} \cdot 0,25^{0,5} \cdot 259,707^{-0,4} \cdot 1,07 = 80 \text{ Н}.$$

5) Мощность резания

$$N = \frac{148 \cdot 259,707}{1020 \cdot 60} = 0,63 \text{ кВт}.$$

Канавки точатся при подаче $s = 0,1 \text{ мм/об}$ и тех же оборотах, что и поверхность 3.

1.12.4.3 Точение поверхности 4

1) Глубина резания

$$t = \frac{Z_{3,14}^{\varnothing_{\text{ср}}}}{2} = \frac{0,787}{2} = 0,39 \text{ мм}.$$

2) Подача

$$s = 0,25 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

3) Скорость резания

$$v = \frac{420}{30^{0,20} \cdot 0,39^{0,15} \cdot 0,25^{0,20}} \cdot 0,8 = 258,623 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 258,623}{3,14 \cdot 26,2} = 3142,071 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$n_{\text{пр}} = 3142 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 26,2 \cdot 3142}{1000} = 258,617 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Силы резания

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,39^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 258,617^{-0,15} \cdot 0,79 = 141 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,39^{0,9} \cdot 0,7^{0,6} \cdot 258,617^{-0,3} \cdot 0,49 = 33 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0,39^{1,0} \cdot 0,25^{0,5} \cdot 258,617^{-0,4} \cdot 1,07 = 97 \text{ Н}.$$

5) Мощность резания

$$N = \frac{141 \cdot 258,617}{1020 \cdot 60} = 0,6 \text{ кВт}.$$

1.12.4.4 Фрезерование шпоночного паза

Режимы резания назначаем по справочной литературе [17, Таблица 3.8]

$$t = 1 \text{ мм}; i = 4 \text{ мм}; s_z = 0,05 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}; v = 75 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Тогда, частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 75}{3,14 \cdot 8} = 2984 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

1.12.5 Токарная операция

1.12.5.1 Сверление

1) Глубина резания

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 6,60 = 3,30 \text{ мм}.$$

2) Подача по таблице 25

$$s = 0,15 \cdot K_{ls} \cdot K_{os} = 0,15 \cdot 0,9 \cdot 0,5 = 0,067 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

3) Скорость резания

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} K_v = \frac{7,0 \cdot 6,6^{0,40}}{35^{0,20} \cdot 0,067^{0,70}} \cdot 0,26 = 12,371 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

где $K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{lv} = 0,3 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,26$; коэффициент C_v и показатели степеней берутся из таблицы 28; $T = 35$ мин по таблице 30.

Следовательно, частота вращения сверла равна

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 12,371}{3,14 \cdot 6,6} = 596,638 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем частоту вращения шпинделя из технических характеристик станка

$$n_{\text{пр}} = 560 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Тогда скорость резания будет равна

$$v_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{пр}} \pi D}{1000} = \frac{560 \cdot 3,14 \cdot 6,7}{1000} = 11,787 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Крутящий момент

$$M_{\text{кр}} = 10 C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,6^{2,0} \cdot 0,067^{0,8} \cdot 0,96 = 1,66 \text{ Нм},$$

где значения C_M и показателей степени берутся из таблицы 32;

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_e}{750} \right)^n = \left(\frac{710}{750} \right)^{0,75} = 0,96.$$

5) Осевая сила

$$P_o = 10 C_p D^q s^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6,6^{1,0} \cdot 0,067^{0,7} \cdot 0,96 = 650 \text{ Н},$$

где значения C_p и показателей степени берутся из таблицы 32; $K_p = K_{Mp} = 0,96$.

6) Мощность резания

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} n}{9750} = \frac{1,66 \cdot 560}{9750} = 0,1 \text{ кВт}.$$

1.12.5.2 Зенкование отверстия

Назначим режимы резания по приложению 2 из ГОСТ 14953-80

1) Подача

$$s = 0,065 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

2) Скорость резания

$$v = 10 - 12 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Таким образом частоту вращения шпинделя принимаем такой же, как и при сверлении

$$n_{\text{пр}} = 560 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

тогда скорость будет равна

$$v_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{пр}} \pi D}{1000} = \frac{560 \cdot 3,14 \cdot 6,7}{1000} = 11,787 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

1.12.5.3 Нарезание резьбы метчиком

- 1) Рекомендуемая скорость резания

$$v = 7,4 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

- 2) Рекомендуемая частота вращения

$$n = 295 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

но так как нарезание резьбы происходит вручную, частота вращения будет ограничена физическими способностями рабочего, а это значит, что эти режимы не будут соблюдаться.

1.12.6 Круглое наружное шлифование

1.12.6.1 Шлифование поверхности 1 с продольной подачей на каждый ход

- 1) Скорость круга

$$v_k = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

- 2) Скорость заготовки

$$v_3 = 30 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

- 3) Глубина шлифования

$$Z_{7.1}^{\text{Рсп}} = 0,1325 \text{ мм};$$

$$t = 0,015 \text{ мм};$$

$$i = \frac{0,1325}{0,015} = 8,83.$$

Принимаем $i = 8$, тогда

$$Z_{7,1}^R = 0,015 \cdot 8 = 0,120 \text{ мм.}$$

4) Продольная подача

$$s = (0,3 - 0,7) B = (0,3 - 0,7) \cdot 80 = 24 - 56 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$$

Принимаем

$$s = 25 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$$

1.12.6.2 Шлифование поверхностей 2, 3 и 4 врезным методом

1) Скорость круга

$$v_k = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2) Скорость заготовки

$$v_3 = 30 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

3) Радиальная подача

$$s_p = 0,0025 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

1.13 Расчёт норм времени технологического процесса

1.13.1 Отрезная операция

Основное время

$$T_o = \frac{D}{s_m} = \frac{52}{26} = 2 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время

$$T_{\text{вс}} = T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}} = 0,05 + 0,042 + 0,01 + 0,22 = 0,322 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание и отдых

$$T_{\text{об.от.}} = \frac{(T_o + T_{\text{вс}}) \Pi_{\text{об.от.}}}{100} = \frac{2,322 \cdot 7}{100} = 0,163 \text{ мин.}$$

Нормативы подготовительно-заключительного времени

$$T_{пз} = 10 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к} = T_o + T_{вс} K + T_{об.от.} + \frac{T_{пз}}{n} = 2 + 0,322 \cdot 1,85 + 0,163 + \frac{10}{157} = 2,822 \text{ мин.}$$

1.13.2 Фрезерно-центровальная операция

Основное время

$$T_o = \frac{L_{\phi}}{s_m} + \frac{L_{св}}{s_m} = \frac{l_{вр.ф} + l_{о.ф} + l_{пер.ф}}{sn} + \frac{l_{о.св} + l_{вр.св}}{sn} = \frac{7 + 52 + 7}{1 \cdot 712} + \frac{8,9 + 2}{0,10 \cdot 815} = 0,22 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время

$$T_{вс} = T_{у.с} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} = 0,08 + 0,024 + 0,05 + 0,22 = 0,374 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание и отдых

$$T_{об.от.} = \frac{(T_o + T_{вс}) P_{об.от.}}{100} = \frac{0,594 \cdot 8}{100} = 0,048 \text{ мин.}$$

Нормативы подготовительно-заключительного времени

$$T_{пз} = 14 + 2 + 2 + 7 + 2 = 27 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к} = 0,22 + 0,374 \cdot 1,85 + 0,048 + \frac{27}{157} = 1,132 \text{ мин.}$$

1.13.3 Токарная предварительная операция с ЧПУ

Основное время

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + T_{o4};$$

$$T_{o1} = \frac{1}{s} \left(\frac{l_1}{n_1} + \frac{l_2}{n_2} + \frac{l_3}{n_3} \right) = \frac{1}{0,4} \cdot \left(\frac{82,121}{902} + \frac{82,108}{1154} + \frac{82,100}{1343} \right) = 0,558 \text{ мин.};$$

$$T_{o2} = \frac{l}{sn} = \frac{46,093}{0,3 \cdot 1720} = 0,089 \text{ мин.};$$

$$T_{o3} = \frac{1}{s} \left(\frac{l_1}{n_1} + \frac{l_2}{n_2} + \frac{l_3}{n_3} \right) = \frac{1}{0,4} \cdot \left(\frac{33,121}{902} + \frac{33,108}{1154} + \frac{33,1}{1343} \right) = 0,225 \text{ мин.};$$

$$T_{o4} = \frac{l}{sn} = \frac{100,987}{0,7 \cdot 828} = 0,174 \text{ мин.}$$

$$T_o = 0,558 + 0,089 + 0,225 + 0,174 = 1,046 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время

$$T_{\text{вс}} = 2(T_{\text{y.c}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}}) = 2 \cdot (0,08 + 0,024 + 0,01) = 0,228 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание и отдых

$$T_{\text{об.от.}} = \frac{(1,046 + 0,228) \cdot 6,5}{100} = 0,083 \text{ мин.}$$

Нормативы подготовительно-заключительного времени

$$T_{\text{пз}} = 7 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{\text{шт-к}} = 1,046 + 0,228 \cdot 1,85 + 0,083 + \frac{7}{157} = 1,595 \text{ мин.}$$

1.13.4 Токарно-фрезерная чистовая с ЧПУ

Основное время

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + T_{o4} + T_{o5};$$

$$T_{o1} = \frac{l}{sn} = \frac{36,718}{0,25 \cdot 2489} = 0,059 \text{ мин.};$$

$$T_{o2} = \frac{l}{sn} = \frac{33,033}{0,25 \cdot 2489} = 0,053 \text{ мин.};$$

$$T_{o3} = \frac{l}{sn} = \frac{101,813}{0,25 \cdot 1694} = 0,240 \text{ мин.};$$

$$T_{o4} = \frac{l}{sn} = \frac{46,034}{0,25 \cdot 3142} = 0,059 \text{ мин.};$$

$$T_{o5} = \frac{l}{sn} = \frac{40}{0,05 \cdot 2 \cdot 2984} = 0,134 \text{ мин.};$$

$$T_o = 0,059 + 0,053 + 0,240 + 0,059 + 0,134 = 0,545 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время

$$T_{\text{вс}} = 2(T_{\text{y.c}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}}) = 2 \cdot (0,08 + 0,024 + 0,01) = 0,228 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание и отдых

$$T_{\text{об.от.}} = \frac{(0,545 + 0,228) \cdot 6,5}{100} = 0,050 \text{ мин.}$$

Нормативы подготовительно-заключительного времени

$$T_{\text{пз}} = 9 + 2 = 11 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{\text{шт-к}} = 0,545 + 0,228 \cdot 1,85 + 0,050 + \frac{11}{157} = 1,087 \text{ мин.}$$

1.13.5 Токарная операция

Основное время

$$T_o = T_{o.\text{св}} + T_{o.\text{зен}} + T_{o.\text{рез}};$$

$$T_{o.\text{св}} = \frac{l + l_{\text{вп}}}{sn} = \frac{25 + 0,905}{0,067 \cdot 560} = 0,717 \text{ мин.};$$

$$T_{o.\text{зен}} = \frac{l}{sn} = \frac{4,07}{0,065 \cdot 560} = 0,112 \text{ мин.};$$

$$T_{o.\text{рез}} = \frac{l}{Pn} \cdot i = \frac{22}{1,25 \cdot 15} \cdot 2 = 2,347 \text{ мин.};$$

$$T_o = 0,717 + 0,112 + 2,347 = 3,176 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время

$$T_{\text{вс}} = T_{\text{у.с}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{изм}} = 0,23 + 0,065 + 0,43 = 0,725 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание и отдых

$$T_{\text{об.от.}} = \frac{(2,296 + 0,725) \cdot 6,5}{100} = 0,196 \text{ мин.}$$

Нормативы подготовительно-заключительного времени

$$T_{\text{пз}} = 10 + 1,5 + 5 = 16,5 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{\text{шт-к}} = 3,176 + 0,725 \cdot 1,85 + 0,196 + \frac{16,5}{157} = 4,818 \text{ мин.}$$

1.13.6 Шлифование круглое наружное

Основное время

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + T_{o4};$$

$$T_{o1} = \frac{l \cdot a}{n \cdot s \cdot s_{\text{поп}}} \cdot k = \frac{67,85 \cdot 0,120}{200 \cdot 25 \cdot 0,015} \cdot 1,10 = 0,119 \text{ мин.}$$

где k – коэффициент, учитывающий точность шлифования, a – припуск на сторону.

$$T_{o2} = T_{o3} = \frac{a}{ns_p} \cdot k = \frac{0,1375}{295 \cdot 0,0025} \cdot 1,10 = 0,205 \text{ мин.}$$

$$T_{o4} = \frac{a}{ns_p} \cdot k = \frac{0,1175}{380 \cdot 0,0025} \cdot 1,10 = 0,136 \text{ мин.}$$

$$T_o = 0,119 + 2 \cdot 0,205 + 0,136 = 0,665 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время

$$T_{\text{вс}} = 2(T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}} + 2T_{\text{изм}}) = 2(0,10 + 0,055 + 0,04 + 2 \cdot 0,22) = 1,27 \text{ мин.}$$

Время на техническое обслуживание

$$T_{\text{тех}} = \frac{T_o t_{\text{п}}}{T} = \frac{0,665 \cdot 2}{30} = 0,044 \text{ мин.}$$

Время на организационное обслуживание

$$T_{\text{орг}} = \frac{T_{\text{оп}} \Pi}{100} = \frac{1,935 \cdot 1,7}{100} = 0,033 \text{ мин.}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности

$$T_{\text{от}} = \frac{T_o \Pi_{\text{от}}}{100} = \frac{0,665 \cdot 4}{100} = 0,027 \text{ мин.}$$

Нормативы подготовительно-заключительного времени

$$T_{\text{пз}} = 7 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{\text{шт-к}} = 0,665 + 1,27 \cdot 1,85 + 0,044 + 0,033 + 0,027 + \frac{7}{157} = 3,163 \text{ мин.}$$

Общее штучно-калькуляционное время

$$\sum T_{\text{шт-к}} = 2,822 + 1,132 + 1,595 + 1,087 + 4,818 + 3,163 = 14,617 \text{ мин.}$$

2 Конструкторская часть

В данном разделе необходимо разработать приспособление для упрощения процесса изготовления детали. Так как изделие имеет простую форму, и обработка в основном происходит на станках с ЧПУ, было принято решение разработать приспособление для контроля радиального биения цилиндрических поверхностей и отклонения перпендикулярности торцов от общей оси шеек валика короткого.

Целью приспособления является ускорение процесса измерительных работ, следовательно, сокращение времени на эти работы.

2.1 Описание и принцип работы приспособления

На литом основании, на верху которого имеются направляющие, установлены две бабки с центрами и три подвижные каретки со стойками, в которых крепятся ИЧ или ИГ. Для предварительной настройки на размер L , где L – длина контролируемого вала, бабки могут перемещаться по направляющим основания и фиксироваться в нужном положении с помощью рукоятки. Левая бабка имеет неподвижный центр, который установлен в коническое отверстие пиноли, закрепленной в отверстии бабки гайкой. Подвижный в осевом направлении центр, вставленный в пиноль, установлен в правой бабке. Эта пиноль поджата пружиной и с помощью рукоятки и вилки, которые соединены штифтом и воздействуют на хвостовик, перемещает центр при установке контролируемого вала. Фиксация подвижного центра в нужном положении осуществляется рукояткой. Крепление ИЧ и ИГ на стойке обычное [18, с. 84].

Основные технические требования к изготовлению приспособления:

- а) взаимное смещение осей центров не более 0,008 мм;
- б) в эксплуатации приспособления при проверке осей центров контрольной оправкой ($l = 300$ мм), отклонения показаний ИГ в вертикальной и горизонтальной плоскостях допускается не более 0,05 мм.

Алгоритм измерительных работ следующий:

- 1) установить и закрепить вал в центрах;

- 2) подвести ИГ и ИЧ к измерительным поверхностям;
- 3) вращая вал рукой, наблюдать за стрелками индикаторов и фиксировать наибольшие и наименьшие отклонения;
- 4) открепить изделие, установить следующее;

Контроль перпендикулярности торцовых поверхностей относительно базовой оси будет производиться путем измерения торцового биения [19, с. 464].

2.2 Проверка обеспечения точности измерения

Чтобы узнать обеспечивается ли точность или нет, необходимо сравнить допускаемую погрешность измерения и суммарную погрешность измерения. Проверим обеспечение точности для каждого контролируемого отклонения.

2.2.1 Проверка обеспечения точности контроля радиального биения

Определим допускаемую погрешность по ГОСТ 8.051-81

$$[\varepsilon_{\text{изм}}] = 6 \text{ мкм.}$$

Определим погрешность, свойственную выбранной схеме измерения и возникающую от несовершенства метода измерения и взаимодействия СИ с объектом. Данная погрешность принимается равной [21, с. 14]

$$\Delta_M = (0,5 \div 0,25) \cdot [\varepsilon_{\text{изм}}] = 3 \div 1,5 \text{ мкм.}$$

Определим погрешность установки контролируемой детали в приспособлении:

$$\Delta_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 3^2} = 3 \text{ мкм,}$$

где ε_6 – погрешность базирования;

ε_3 – погрешность закрепления;

$\varepsilon_{\text{пр}} = \Delta_M$ – регламентированная погрешность изготовления, сборки, регулирования, а также износ опор и измерительного устройства [21, с. 16]

Определим погрешность измерительного прибора. Контроль радиального биения будет осуществляться измерительной головкой 2ИГ, погрешность которой равна

$$\Delta_{\text{СИ}} = 1,4 \text{ мкм.}$$

Определим субъективную и специфическую погрешности, которые равный половине цены деления шкалы [21, с. 20], т.е.

$$\Delta_C = \Delta_{СП} = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ мкм.}$$

Определим суммарную погрешность

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_M^2 + \Delta_y^2 + \Delta_{СИ}^2 + \Delta_C^2 + \Delta_{СП}^2} = \sqrt{3^2 + 3^2 + 1,4^2 + 1^2 + 1^2} = 4,7 \text{ мкм.}$$

Проверим выполнение условия обеспечения точности контроля:

$$\Delta_{\Sigma} \leq [\varepsilon_{изм}],$$

$$4,7 \text{ мкм} \leq 6 \text{ мкм.}$$

Так как условие выполняется, то необходимая точность будет обеспечена.

2.2.2 Проверка обеспечения точности контроля торцового биения

Порядок расчета рассматривается в пункте 2.2.1. В этом пункте запишем только числовые значения погрешностей.

Допускаемая погрешность по ГОСТ 8.051-81

$$[\varepsilon_{изм}] = 14 \text{ мкм.}$$

Погрешность, зависящая от выбранного метода измерения

$$\Delta_M = (0,5 \div 0,25) \cdot [\varepsilon_{изм}] = 6 \div 3 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки контролируемой детали в приспособлении:

$$\Delta_y = 6 \text{ мкм,}$$

Погрешность измерительного прибора. Контроль торцового биения будет осуществляться индикатором часового типа ИЧ02, погрешность которой равна

$$\Delta_{СИ} = 6 \text{ мкм.}$$

Субъективная и специфическая погрешности

$$\Delta_C = \Delta_{СП} = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мкм.}$$

Определим суммарную погрешность

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{6^2 + 6^2 + 6^2 + 5^2 + 5^2} = 12,57 \text{ мкм.}$$

Проверим выполнение условия обеспечения точности контроля:

$$\Delta_{\Sigma} \leq [\varepsilon_{изм}],$$

$$12,57 \text{ мкм} \leq 14 \text{ мкм.}$$

Так как условие выполняется, то необходимая точность будет обеспечена.

Выводы по разделу

В результате работы разработано контрольно-измерительное приспособление, удовлетворяющие требованиям обеспечения точности измерения. С помощью данной разработки время, затрачиваемое на контроль отклонения перпендикулярности торцов от общей оси и радиальное биение цилиндрической поверхности валика короткого, сократится.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Л15А	Карзакову Игорю Юрьевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материально-технические ресурсы: Материал сталь Х12МФ (180 руб./кг); энергетические ресурсы: электрическая энергия (2,39р/КВт).
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Величина премии; надбавки; дополнительной заработной платы; накладных расходов; 1,3 районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 27,1 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	– Анализ конкурентных технических решений; – SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	– Структура и трудоемкость работ; – Планирование и бюджет НИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	– Интегральная оценка ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Скаковская Наталия Вячеславовна	кандидат философских наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л15А	Карзаков Игорь Юрьевич		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В данном разделе выполняются организация и планирование работ по разработке технологии изготовления валика короткого, расчет бюджета затрат НТИ. А также проводится анализ со стороны достижения коммерческого успеха.

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных технологий, которые будут отвечать современным требованиям в области ресурсоэффективности.

Для того чтобы оценить конкурентоспособность разработки технологии изготовления валика короткого, выполнены анализ конкурентных разработок и SWOT-анализ. В следующем подразделе осуществляется структурирование и планирование работ, которые выполняются в процессе разработки. Это позволит оценить длительность выполняемой работы, а также необходимый бюджет, который потребуется на их выполнение. В последнем разделе оценивается ресурсоэффективность данной разработки.

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

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Темой выпускной квалификационной работы является разработка технологии изготовления валика короткого, следовательно, невозможно оценить конкурентоспособность полной разработки одной детали. То есть это невозможно сделать из-за секретности используемых техпроцессов на предприятиях, а также отсутствия в продаже отдельных деталей. Таким образом анализ конкурентных технических решений будем производить, оценивая устройство, в которое входит изготавливаемая деталь. Для этого воспользуемся оценочной картой, приведенной в таблице 3.1. В роли конкурентов были выбраны следующие производители: конкурент 1 – компания «ВТК», г. Одесса, конкурент 2 – компания ЮМО, г. Санкт-Петербург

Таблица 3.1 – Оценочная карта конкурентоспособности

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда	0,12	4	3	5	0,48	0,36	0,60
2. Удобство в эксплуатации	0,09	3	4	3	0,27	0,36	0,27
3. Надежность	0,10	4	5	5	0,40	0,50	0,50
4. Безопасность	0,09	4	4	3	0,36	0,36	0,27
5. Функциональная возможность	0,10	4	3	4	0,40	0,30	0,40
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,13	5	3	4	0,65	0,39	0,52
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	4	4	5	0,36	0,36	0,45
3. Послепродажное обслуживание	0,10	3	5	4	0,30	0,50	0,40
4. Финансирование научной разработки	0,07	5	2	3	0,35	0,14	0,21
Итого	1				3,57	3,27	3,62

Конкурентоспособность находится по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где B_i – вес показателя в долях единицы;

B_i – балл i -го показателя.

В результате проведенного анализа можно сказать, что разработка почти не уступает опытным производителям. Главным конкурентным преимуществом научной разработки является её низкая стоимость.

3.1.2 SWOT-анализ

Чтобы оценить сильные и слабые стороны проекта во внутренней и внешней среде необходимо произвести SWOT-анализ [22, с. 10]. Для этого составим SWOT-матрицу, представленную в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1. Высокое качество; С2. Наличие финансирования; С3. Квалифицированный персонал; С4. Функциональные возможности разработки С5. Низкая стоимость.	Слабые стороны проекта: Сл1. Наличие малопроизводительных методов обработки; Сл2. Длительность разработки; Сл3. Наличие химико-термической операции; Сл4. Необходимость специального приспособления; Сл5. Узкая направленность изделия.
Возможности: В1. Низкий уровень конкуренции; В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В3. Совершенствование технологии; В4. Экспорт разработки.	<ul style="list-style-type: none"> – В1С5; – В2С1С2С4С5; – В3С1С2С3С4; – В4С1С2С5. 	<ul style="list-style-type: none"> – В1Сл5; – В2Сл4Сл5; – В3Сл1Сл2Сл3Сл4; – В4Сл5.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на продукт; У2. Высокие требования к сертификации У3. Прекращение финансирования	<ul style="list-style-type: none"> – У1С4; – У2С3С4; – У3С2С5. 	<ul style="list-style-type: none"> – У1У2Сл2Сл5; – У3Сл1Сл2Сл4.

На пересечении параметров представлен анализ интерактивных таблиц в форме записи сильно коррелирующих факторов. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Выполним планирование работ по разработке технологии изготовления валика короткого. Для этого определим основные этапы работ и исполнителей этих работ. Информация будет сведена в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследования	2	Ознакомление с литературой	Инженер
	3	Консультирование по возникшим вопросам	Руководитель
Технологическая часть	4	Технологический контроль ТЗ и анализ технологичности конструкции	Инженер
	5	Предварительное определение типа производства	Инженер
	6	Выбор заготовки	Инженер
	7	Разработка технологического маршрута изготовления детали	Инженер
	8	Размерный анализ	Инженер
	9	Назначение допусков на технологические размеры	Инженер
	10	Расчёт межоперационных размеров	Инженер
	11	Уточнение оборудования, оснастки, инструмента	Руководитель, инженер
	12	Назначение режимов резания	Инженер
	13	Расчёт норм времени	Инженер
Конструкторская часть	14	Поиск литературы и ознакомление с ней	Инженер
	15	Проектирование приспособления	Инженер
	16	Расчёт погрешностей	Инженер
Обобщение и оценка результатов	17	Оформление документации в виде операционных карт, чертежей и пояснительной записки	Инженер
	18	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Необходимо определить трудоемкость выполнения работ для обоснованного расчета заработной платы. Для этого сначала определим ожидаемое значение трудоемкости. Затем определим продолжительность работы в рабочих днях.

Чтобы определить ожидаемое значение трудоемкости $t_{ожи}$ воспользуемся следующей формулой:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Чтобы определить продолжительность работы в рабочих днях T_{pi} воспользуемся формулой:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

где $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел. [22, с.20]

Для удобства представления информации полученные результаты сведём в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	$t_{\min i}$, чел.-дн.	$t_{\max i}$, чел.-дн.	$t_{ожи}$, чел.-дн.	T_{pi} , раб. дн.
1	1	5	2,6	2,6
2	2	5	3,2	3,2
3	1	2	1,4	1,4
4	1	5	2,6	2,6
5	1	2	1,4	1,4
6	1	2	1,4	1,4
7	1	3	1,8	1,8

Продолжение таблицы 3.4

№ работы	$t_{\min i}$, чел.-дн.	$t_{\max i}$, чел.-дн.	$t_{\text{ож}i}$, чел.-дн.	T_{pi} , раб. дн.
8	1	2	1,4	1,4
9	1	2	1,4	1,4
10	2	5	3,2	3,2
11	1	3	1,8	1,8
12	3	6	4,2	4,2
13	3	6	4,2	4,2
14	2	4	2,8	2,8
15	2	6	3,6	3,6
16	1	2	1,4	1,4
17	5	10	7	7
18	1	2	1,4	0,7

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для того, чтобы построить график в форме диаграммы Ганта, необходимо длительность работ из рабочих дней, полученных в пункте 3.2.2, перевести в календарные дни. Значения в календарных днях T_{ki} рассчитываются и округляются до целых чисел по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где $k_{\text{кал}} = 1,48$ – коэффициент календарности [МУ, с. 21]

Полученные результаты сведены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Длительность работ в календарных днях

№ работы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
T_{ki} , кал. дн	4	5	2	4	2	2	3	2	2	5	3	6	6	4	5	2	10	1

Теперь на основе таблиц 3.4 и 3.5 построим календарный план-график, представленный в виде таблицы 3.6.

Таблица 3.6 – Календарный план-график разработки техпроцесса валика

№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя	T_{ki} , кал. дн	Месяц									
				Февраль			Март			Апрель			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	4										
2	Ознакомление с литературой	Инженер	5										

Продолжение таблицы 3.6

3	Консультирование по возникшим вопросам	Руководитель	2	
4	Технологический контроль ТЗ и анализ технологичности конструкции	Инженер	4	
5	Предварительное определение типа производства	Инженер	2	
6	Выбор заготовки	Инженер	2	
7	Разработка технологического маршрута изготовления детали	Инженер	3	
8	Размерный анализ	Инженер	2	
9	Назначение допусков на технологические размеры	Инженер	2	
10	Расчёт межоперационных размеров	Инженер	5	
11	Уточнение оборудования, оснастки, инструмента	Инженер, Руководитель	3	
12	Назначение режимов резания	Инженер	6	
13	Расчёт норм времени	Инженер	6	
14	Поиск литературы и ознакомление с ней	Инженер	4	
15	Проектирование приспособления	Инженер	5	
16	Расчёт погрешностей	Инженер	2	
17	Оформление документации в виде операционных карт, чертежей и пояснительной записки	Инженер	10	
18	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер	1	

3.2.4 Бюджет научно-технического исследования

3.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

В пределах разработки технологии изготовления валика короткого расчет будет производиться, исходя из материалов, представленных в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы З _м , руб.
Бумага формата А4	пачка	5	200	1000
Канцелярские принадлежности	—	—	3000	3000
Картридж для принтера	шт.	1	1200	1200
Подключение к интернету	месяц	3	350	1050
Итого: 6250 руб.				

3.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Для разработки технологии изготовления необходимы персональный компьютер, а для предоставления результатов проделанной работы руководителю принтер. Для корректной работы на компьютере необходима лицензионная продукция. Все расчеты по приобретению специального оборудования сведены в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	2	3	4
Персональный компьютер	2	65	130
Принтер	1	25	25
Windows 10	1	15	15
Microsoft Office	1	10	10
КОМПАС-3D	1	150	150
Итого: 330 тыс. руб			

3.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Исполнителями работы являются руководитель и инженер. Их заработная плата, на основе пункта 3.2.3, с учетом районного коэффициента $k = 1,3$, приведена в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Трудоемкость, чел.-дн.	ЗП на 1 чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб.
Руководитель	24	1,95	46,8
Инженер	62	0,8	49,6
Итого:			96,4

3.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%. Таким образом определим отчисления и сведем их в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	коэффициент отчислений	Отчисления, руб.
Руководитель	46800	0,271	12682,8
Инженер	49600	0,271	13441,6
Итого:			26124,4

3.2.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определим бюджет затрат на научно-исследовательский проект. Для этого просуммируем все рассчитанные финансовые показатели проекта из предыдущих пунктов. Для наглядности составим сведем в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	6,25
2. Затраты на спецоборудование	330,00
3. Затраты по основной заработной плате	96,40
4. Отчисления во внебюджетные фонды	26,20
5. Бюджет затрат НТИ	458,85

3.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности. Для этого составим таблицу 3.12.

Таблица 3.12 – Оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка по 5-ти бальной шкале
1. Соответствие требованиям потребителей	0,35	5
2. Материалоемкость	0,15	3
3. Удобство в эксплуатации	0,15	5
4. Энергосбережение	0,05	2
5. Надежность	0,20	4
6. Длительность разработки	0,10	3
Итого	1	

$$I_p = 0,35 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 2 + 0,20 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 = 4,15.$$

Такое значение интегрального показателя говорит о том, что разработанный проект достаточно ресурсоэффективен.

Выводы по разделу

Результатом данного раздела служат выполненные анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ, полностью распланированная научно-исследовательская работа. В результате проведенных анализов можно говорить о достаточном уровне конкурентоспособности разрабатываемого проекта. Также в данном разделе были определены бюджет затрат НТИ и ресурсоэффективность разрабатываемого проекта, в результате чего можно утверждать, что он ресурсоэффективен и на его реализацию потребуется около 500 тыс. руб.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Л5А	Карзакову Игорю Юрьевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

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:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019), – ОНТП 14-93, – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ, – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ, – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ, – ГОСТ 22902-78, – ГОСТ EN 894-3-2012, – ГОСТ Р ИСО 14738-2007, – ГОСТ Р ИСО 6385-2016, – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – воздействие неподвижных режущих, колющих, обдирающих, разрывающих частей твердых объектов при соприкосновении с рабочим; – струи жидкости, воздействующие на организм работающего при соприкосновении с ним; – отклонение показателей микроклимата; – превышение уровня шума и вибраций; – отсутствие или недостаток освещения.
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – загрязнение атмосферы: пыль, туманы масел и эмульсий; – загрязнение гидросферы: сож, масла; – загрязнение литосферы: стружки, опилки металлов, демпферный лом.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– наиболее вероятная чс – пожар.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л15А	Карзаков Игорь Юрьевич		

4 Социальная ответственность

Введение

В данном разделе рассматриваются организационные и правовые, производственные, экологические вопросы обеспечения безопасности на производственном участке.

В первом подразделе рассматриваются специальные правовые нормы трудового законодательства и нормативные документы, которыми нужно руководствоваться при компоновке исследуемого производственного участка.

Производственные вопросы обеспечения безопасности характеризуются опасными и вредными факторами, оказывающими воздействие на организм человека. При проектировании участка важно учитывать их.

Экологические вопросы обеспечения безопасности характеризуются влиянием производства на окружающую среду предприятия. Рассматриваются по отдельности важные вопросы как защита атмосферы, гидросферы и литосферы.

Проанализированы возможные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при производстве детали «Валик короткий» и предложены мероприятия по их предупреждению и план действий при их возникновении.

Данный раздел необходим для организации работ по производству вышеупомянутой детали. Пользователями разрабатываемой технологии изготовления являются предприятия, в планах которых производить деталь, и рабочий персонал цеха, который принимает непосредственное участие в изготовлении.

Работа отвечает современным запросам, так как при ее выполнении используются актуальные нормативные документы, предлагаются современные средства по устранению или предотвращению опасных и вредных факторов.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

К особенностям трудового законодательства при работе на производственном участке можно отнести режим рабочего времени и оплату и нормирование труда. Согласно статье 103 Трудового кодекса РФ на производственном участке введена работа в две смены для более эффективного использования оборудования. Так как на производственном участке работает коллектив, дифференцируемый по тарифно-квалификационному справочнику работ и профессий рабочих, то оплата труда будет производиться по тарифной системе оплаты труда согласно статье 143 ТК РФ.

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При проектировании исследуемого производственного участка необходимо учитывать и пользоваться следующими нормативными документами:

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

— 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 22902-78. Система «человек-машина». Отсчетные устройства индикаторов визуальных. Общие эргономические требования.

— ГОСТ EN 894-3-2012. Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 3. Органы управления.

- ГОСТ Р ИСО 14738-2007. Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин.
- ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

4.2 Производственная безопасность

Используя ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», определим какие именно факторы потенциально могут возникнуть при разработке технологии изготовления валика короткого, изготовлении самого изделия и его эксплуатации. Перечень фактор сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1. Воздействие неподвижных режущих, колющих, обдирающих, разрывающих частей твердых объектов при соприкосновении с рабочим		+		<ul style="list-style-type: none"> — ГОСТ 12.1.007-76 [34] — СанПиН 2.2.4.548-96 [35] — СНиП41-01-2003 [36] — СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [37] — ГОСТ 12.1.003-2014 [38] — ГОСТ 12.1.012-2004 [39] — СНиП 23-05-95 [40]
2. Струи жидкости, воздействующие на организм работающего при соприкосновении с ним		+		
3. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
4. Превышение уровня шума и вибраций		+		
5. Отсутствие или недостаток освещения	+	+	+	

Выполним анализ опасных и вредных производственных факторов. Для этого воспользуемся следующим планом [41]:

- 1) источник возникновения фактора;
- 2) воздействие фактора на организм человека;
- 3) приведение допустимых норм с необходимой размерностью;
- 4) предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора.

4.2.1 Воздействие неподвижных режущих, колющих, обдирающих, разрывающих частей твердых объектов при соприкосновении с рабочим

Источником возникновения рассматриваемого фактора будут являться заусенцы и острые кромки, которые формируются при обработке поверхностей, режущий инструмент. При воздействии данного фактора возникают порезы и ссадины, которые отрицательно влияют на кожный покров, чаще всего руки человека. Чтобы снизить воздействие устанавливают защитные ограждения на станки, обустривают рабочие места и обучают рабочий персонал. Также необходимо использовать спецодежду.

4.2.2 Струи жидкости, воздействующие на организм работающего при соприкосновении с ним

Под этим фактором подразумевается воздействие СОЖ на организм человека. Отрицательное воздействие СОЖ на рабочих связано с ее попаданием на кожу и в дыхательные пути в процессе изготовления эмульсии, ее разбрызгивания и перегрева при механообработке деталей, из-за протечек в системе смазки и охлаждения оборудования, случайных проливов. В процессе металлообработки рабочая эмульсия подвергается деструкции под воздействием высоких температур, загрязняется механическими примесями, например, металлической пылью, частицами абразивных материалов, волокнами обтирочных материалов и посторонними маслами, что приводит к увеличению опасности отработанной СОЖ в 15-30 раз по сравнению со свежеприготовленной.

Наиболее частыми проблемами со здоровьем у рабочих-станочников являются: масляные фолликулиты, эпидермиты, контактные неаллергические дерматиты, аллергия на СОЖ (раздражение кожи, ринит, конъюнктивит, зуд в носу и горле, приступообразный кашель).

Допустимые нормы и показатели установлены ГОСТ 12.1.007-76 и приведены в таблице документа.

Чтобы свести к минимуму вред от применения СОЖ на предприятии, необходимо:

- перейти на использование экологически безопасных эмульсий;
- правильно обустроить общецеховую и местную приточно-вытяжную вентиляцию;
- обеспечивать рабочих чистой спецодеждой и необходимыми средствами индивидуальной защиты;
- производить своевременную замену отработанной эмульсии и ее утилизацию в соответствии с требованиями экологических стандартов.

4.2.3 Отклонение показателей микроклимата

Источником изменения микроклимата на исследуемом участке будет всё участвующее в производстве изделий оборудование, т. е. станки и сами рабочие.

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Эти параметры не могут влиять на организм человека по отдельности. Низкие температуры провоцируют отдачу тепла организмом человека, тем самым снижая его защитные функции, что приводит к переохлаждению организма, инфекционным заболеваниям и т.д. Очень высокая температура в помещении влечёт за собой не меньшие проблемы. Борясь с жарой, организм выводит соль из организма, в результате чего происходит снижение иммунитета,

нарушение водно-солевого баланса, который регулирует работу многих систем в организме. Чем выше температура, тем суше будет воздух, что приводит к пересыханию слизистой, которая становится более уязвимой для вирусов. Также в зависимости от температуры воздуха скорость его движения влияет на организм по-разному. Например, при температуре до 32-34 градусов скорость в 0,15 м/с комфортна, так как при этом воздух оказывает освежающий эффект. Если температура выше 35 градусов, то эффект будет обратным.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблицах 1 и 2 СанПиН 2.2.4.548-96.

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года применяются средства защиты рабочих мест от радиационного охлаждения от остекленных поверхностей оконных проемов, в теплый период года предусматривают защиту от попадания прямых солнечных лучей. Также в цеху имеются кондиционеры, для поддержания необходимых условий. Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего отопления, вентиляции и кондиционирования по СНиП41-01-2003.

4.2.4 Превышение уровня шума и вибраций

Источниками шума и вибраций на производственном участке являются металлорежущие станки, как например: токарные, фрезерно-центровальные, шлифовальные и др. Шум раздражительно влияет на работника, повышает его утомляемость и способен привести к потере слуха. Вибрации станков могут привести к получению человеком различных травм.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 предельно допустимый уровень звука на исследуемом производственном участке $L = 60 - 70$ дБА. Принципы обеспечения безопасности при воздействии на работника шума установлены ГОСТ 12.1.003-2014. При воздействии вибраций – ГОСТ 12.1.012-2004.

Минимизируют влияние шума и вибраций следующими способами:

- использование малошумных машин с меньшей виброактивностью;
- использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума и вибрации;
- оптимальное размещение машин и т.д.

4.2.5 Отсутствие или недостаток освещения

Причиной недостатка освещения могут являться неправильно спроектированные оконные проемы, неправильно рассчитанные показатели освещения или использование ламп низкого качества. Плохое освещение негативно воздействует на зрение, приводит к быстрому утомлению, снижает работоспособность, вызывает дискомфорт, является причиной головной боли и бессонницы. Нормы естественного и искусственного освещения установлены СНиП 23-05-95*. Способы улучшения освещения:

- использование люминесцентных ламп;
- локальное размещение ламп на металлорежущих станках;
- усовершенствование системы освещения и т.д.

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Защита атмосферы

Механическая металлообработка на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений, чем отрицательно влияют на состояние атмосферы. При шлифовании выделяется большое количество тонкодисперсной пыли. Пыль, образующаяся в процессе абразивной обработки, на 30-40% состоит из материала абразивного круга, на 60-70% - из материала обрабатываемого изделия.

Содержание вредных веществ в атмосфере нормируется следующими документами:

- СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест;

- ГН 2.1.6.2309-07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест;
- ГН 2.1.6.3492-17. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений;
- ГН 2.2.5.2308-07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Некоторые методы защиты атмосферы от загрязнений:

- локализация токсичных веществ в зоне их образования местной вентиляцией, очистка загрязненного воздуха в специальных аппаратах и его возврат в производственное или бытовое помещение, если воздух после очистки в аппарате соответствует нормативным требованиям к приточному воздуху;
- локализация токсичных веществ в зоне их образования местной вентиляцией, очистка загрязненного воздуха в специальных аппаратах, выброс и рассеивание в атмосфере.

4.3.2Защита гидросферы

Загрязнителями гидросферы на производственных участках являются различные масла, отработанные СОЖ, органические растворители и т.д. Содержание элементов загрязнителей в гидросфере нормируется следующими документами:

- ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
- ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
- ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений

Для удаления вредных примесей из сточных вод используют физико-химические методы очистки:

- реагентная флотация;
- реагентная коагуляция;
- мембранные методы очистки.

4.3.3 Защита литосферы

Загрязнителем литосферы будут считаться захоронения промышленных и бытовых отходов. К промышленным отходам относятся микростружка, опилки металлов, демпферный лом. Также к отходам можно отнести изготавливаемую продукцию, переставшая выполнять требуемые от неё функции.

Защита литосферы нормируется следующими документами:

- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
- ГОСТ Р ИСО 1410-2010. Экологический менеджмент. Оценка жизненного Цикла. Принципы и структура.

Чтобы снизить загрязнение литосферы необходимо сортировать и при возможности перерабатывать отходы производства. Если переработка невозможна, тогда необходимо начать взаимовыгодно сотрудничать с предприятиями, которые занимаются ею.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожар – это наиболее вероятная чрезвычайная ситуация, которая может возникнуть на производственном участке при изготовлении изделий, по ГОСТ Р 22.0.01-2016.

Так как на производственном участке происходит механообработка, подразумевающая высокие температуры в зоне резания, использование СОЖ, а также масел для смазывания трущихся пар, то возникает вероятность возникновения пожара. Также причиной пожара может оказаться короткое замыкание электрической цепи. Общие требования пожарной безопасности установлены ГОСТ 12.1.004-91.

Работа по предупреждению пожаров включает:

- пожарно-техническое обследование с целью выявить истинное состояние пожаробезопасной системы объектов в целом и отдельных их частей представителями пожарного надзора с последующим вручением приказов;
- постоянный контроль над выполнением противопожарных работ;
- проверку исправности первичных средств пожаротушения;
- проведение противопожарного инструктажа;
- проведение учебных работ с персоналом предприятия для определения времени эвакуации людей при пожаре.

В результате возникновения пожара работнику необходимо действовать следующим образом:

- оповестить пожарную охрану;
- сообщить руководству предприятия;
- включить сигнализацию, СОУЭ, системы дымоудаления, пожаротушения;
- обеспечить эвакуацию работников, не участвующих в ликвидации пожара.

Поскольку на производстве обычно присутствуют оборудование и приборы, работающие от электросети, их нужно обесточить. Персоналу разрешено делать это с разрешения руководства, с соблюдением правил отключения аппаратуры. Вместе с этим перекрывают (отключают) систему вентиляции, подачи газа и горючих веществ, паровые и водяные трубопроводы.

Выводы по разделу

В результате исследования производственного участка, на котором изготавливается деталь «Валик короткий», были получены ответы по правовым и организационным, производственным, экологическим вопросам безопасности, а также вопросам безопасности в ЧС. При воздействии каких-либо вредных или опасных факторов на производстве необходимо будет воспользоваться методами, приведенных в этом разделе.

Заключение

В результате выполненной работы была разработана технология изготовления валика короткого. Из проведенного размерного анализа следует, что разработанный маршрут не нарушает правил размерного анализа. При изготовлении валика короткого, рабочим необходимо будет придерживаться рассчитанных межоперационных размеров. Соблюдать назначенные в этой работе режимы резания. Так как нормы времени определены эмпирически, то их необходимо будет скорректировать после запуска производства.

В разделе, составляющем финансовую часть работы, было выявлено, что разработка данного изделия будет конкурентной в узконаправленной области продукции для ювелирного производства. Также определены сроки и приблизительные затраты на разработку технологического процесса.

Из раздела социальная ответственность следует, что в погоне за экономическим превосходством над конкурентами, никогда не стоит пренебрегать требованиям безопасности работников. Также необходимо не забывать о защите окружающей среды, проводить мероприятия по снижению влияния деятельности предприятия на нее.

Список используемых источников

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. ГОСТ 14034-74 Отверстия центровые. Размеры.
3. ГОСТ 5950-2000 Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия.
4. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. 100 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил.
6. ГОСТ 24359-80. Фрезы торцовые насадные со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры.
7. ГОСТ 14952-75. Сверла центровочные комбинированные. Технические условия.
8. ГОСТ 26611-85. Резцы токарные проходные, подрезные и копировальные с креплением сменных пластин прихватом сверху. Конструкция и размеры.
9. ГОСТ 19056-80. Пластины режущие сменные многогранные твердосплавные ромбической формы с углом 80 град. Конструкция и размеры.
10. ГОСТ 20872-80. Резцы токарные сборные для контурного точения с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Конструкция и размеры.
11. ГОСТ 9140-78 Фрезы шпоночные. Технические условия
12. ГОСТ 10903-77. Сверла спиральные с коническим хвостовиком. Основные размеры.

13. ГОСТ 14953-80. Зенковки конические. Технические условия
14. ГОСТ 3266-81. Метчики машинные и ручные. Конструкция и размеры
15. ГОСТ 2424-83. Круги шлифовальные. Технические условия
16. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.
17. Панов Ф. С., Травин А. И. Работа на станках с числовым программным управлением. – Л.: Лениздат, 1984. – 278 с., ил. – (Для молодых рабочих).
18. Альбом контрольно-измерительных приспособлений: Учебное пособие для вузов / Ю. С. Степанов, Б. И. Афонасьев, А. Г. Схирртладзе, А. Е. Щукин, А. С. Ямников. / Под общ. ред. Ю. С. Степанова. - М.: Машиностроение, 1998. - 184 с.
19. 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.
20. ГОСТ 8.051-81 (СТ СЭВ 303-76) Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм.
21. Смагин А. С. Проектирование контрольно-измерительного приспособления [Электронный текстовый ресурс]: Методические указания.
22. 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. Криницына; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 36 с.
23. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 01.04.2019).
24. ОНТП 14-93 Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Механообрабатывающие и сборочные цехи.

25. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
26. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования
27. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования
28. ГОСТ 22902-78. Система "человек-машина". Отсчетные устройства индикаторов визуальных. Общие эргономические требования
29. ГОСТ EN 894-3-2012. Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 3. Органы управления.
30. ГОСТ Р ИСО 14738-2007. Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин.
31. ГОСТ Р ИСО 6385-2016 Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.
32. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы".
33. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
34. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
35. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
36. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
37. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки".

38. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
39. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
40. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение.
41. 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: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.
42. СанПиН 2.1.6.1032-01 Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.
43. ГН 2.1.6.2309-07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
44. ГН 2.1.6.3492-17. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
45. ГН 2.2.5.2308-07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
46. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
47. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
48. ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
49. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.

50. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
51. ГОСТ Р ИСО 1410-2010. Экологический менеджмент. Оценка жизненного Цикла. Принципы и структура.
52. ГОСТ Р 22.0.01-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения.
53. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.