

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b>
<b>Проектирование устройства для точной сложнопрофильной резки труб</b>

УДК 621.774.09

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6В	Ляпкина Ольга Дмитриевна		05.06.20

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент (ОМ, ИШНПТ)	Дерюшева В.Н.	к.т.н.		05.06.20

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель (ОМ, ИШНПТ)	Козарь Д.М.			05.06.20

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук И.В.	к.т.н.		05.06.20

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.			05.06.20

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Ефременков Е.А.	к.т.н.		05.06.20

## Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения
Общие по направлению подготовки	
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.
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.
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.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительномонтажных производствах.
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, строительномонтажного 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
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
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
Профессиональные компетенции	
P9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования и конструкций строительно-монтажных объектов, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение»  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Ефременков Е.А.  
 (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
4А6Б	Ляпкиной Ольге Дмитриевне

Тема работы:

<b>Проектирование устройства для точной сложнопрофильной резки труб</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№59-67/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(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.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Устройства для точной сложнопрофильной резки труб.</li> <li>• Габаритные размеры (D×Ш×В): не более 2000×1500×1800 мм.</li> <li>• Скорость подачи трубы: не менее 50 мм/с.</li> <li>• Угловая скорость вращения трубы: не менее 1 рад/с.</li> <li>• Длина перемещения лазерной головки: 200 мм.</li> <li>• Скорость перемещения лазерной головки: не менее 50 мм/с.</li> <li>• Размеры заготовки: 60-120 мм.</li> </ul>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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"> <li>• Литературный обзор.</li> <li>• Разработка полного технического задания, с целью улучшения понимания технических аспектов разрабатываемой конструкции и требований, предъявляемых к ней.</li> <li>• Разработка принципиальной кинематической схемы комплекса.</li> <li>• Конструкторские расчеты в соответствии с кинематической схемой.</li> <li>• Проектирование установки или одного из узлов устройства.</li> <li>• Разработать технологический процесс для изготовления детали.</li> </ul> <p>Подготовка графического материала и пояснительной записки.</p>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук Ирина Вадимовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.12.2019
--	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент (ОМ, ИШНПТ)	Дерюшева Валентина Николаевна	К.Т.Н		16.12.2019
Ст. преподаватель (ОМ, ИШНПТ)	Козарь Дмитрий Михайлович			16.12.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6В	Ляпкина Ольга Дмитриевна		16.12.2019

## Оглавление

Запланированные результаты обучения по программе .....	2
1. Реферат .....	9
2. Введение .....	10
3. Литературный обзор .....	11
3.1. Станки для резки труб: виды и особенности .....	11
3.2. Виды труб и сферы их применения .....	11
3.3. Механические виды резки .....	19
3.3.1. Угловая шлифовальная машина .....	19
3.3.2. Ленточная пила .....	20
3.3.3. Труборезы .....	22
3.4. Резка металла на станках с ЧПУ .....	27
3.4.1. Лазерная резка металла .....	27
3.4.2. Плазменная резка металла .....	31
3.4.3. Резка металла гидроабразивной струей .....	34
3.5. Выводы по разделу .....	36
4. Конструкторская часть .....	37
4.1. Техническое задание .....	37
4.2. Кинематические схемы основных элементов конструкции .....	41
4.3. Покупное оборудование .....	45
4.4. Расчет пружины растяжения .....	46
4.5. Расчет пневмоцилиндра .....	47
4.6. 3D–модель узла поджима/разжима заготовки .....	50
4.7. Результаты проектирования .....	52
5. Технологическая часть .....	52
5.1. Техническое задание .....	52
5.2. Проектирование технологического процесса .....	54
5.3. Анализ технологичности детали .....	56
5.4. Расчет припусков и диаметральных технологических размеров .....	57
5.4.1. Определение допусков на технологические диаметральные размеры .....	58
5.4.2. Определение минимальных припусков на обработку поверхностей вращения. ....	59

5.4.3. Расчет диаметра проката.....	59
5.4.4. Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\varnothing 28 + 0,08\text{мм}$ .....	62
5.4.5. Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\varnothing 32 + 0,02\text{мм}$ .....	64
5.4.6. Расчет технологических размеров при обработке вала $\varnothing 52 \text{ мм}$ .....	65
5.5. Расчет припусков и продольных технологических размеров .....	65
5.5.1. Определение минимальных припусков на обработку плоскостей.....	66
5.5.2. Расчет продольных технологических размеров .....	67
5.6. Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания .....	69
5.6.1. Сверление .....	70
5.6.2. Растачивание черновое $\varnothing 28 + 0,08\text{мм}$ .....	73
5.6.3. Растачивание черновое $\varnothing 32 + 0,02\text{мм}$ .....	75
5.6.4. Растачивание чистовое $\varnothing 32 + 0,02\text{мм}$ .....	76
5.7. Выбор оборудования .....	78
5.8. Выбор измерительного оборудования.....	80
5.9. Нормирование .....	80
5.10. Результаты технологического анализа .....	83
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Введение .....	85
6.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	85
6.1.1 Анализ конкурентных технических решений .....	85
6.1.2 SWOT-анализ .....	87
6.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	89
6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	89
6.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	90
6.2.3 Бюджет научно-технического исследования.....	95
6.2.4 Определение ресурсоэффективности исследования .....	99
6.3. Выводы по разделу .....	102
7. Социальная ответственность. Введение .....	105
7.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	106

7.1.1. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	107
7.2. Производственная безопасность .....	107
7.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований (разработке).....	108
7.3. Экологическая безопасность .....	112
7.4. Защита в чрезвычайных ситуациях. Пожар .....	114
7.5. Выводы по разделу .....	115
8. Заключение .....	116
9. Список литературы .....	117

## 1. Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку, состоящую из 126 листов, и графической части. В пояснительную записку включены 5 разделов: введение, обзор литературы, конструкторская часть, технологическая часть, финансовый менеджмент, социальная ответственность и заключение. В пояснительной записке присутствуют 43 рисунка и 34 таблицы.

Объектом проектирования является устройство для сложнопрофильной резки труб.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование устройства для сложнопрофильной резки труб, которое обеспечивает повышение производительности и точности резки труб.

В результате работы была создана 3D-модель устройства в САД системе SolidWorks. Были проработаны узлы зажима/разжима заготовки и механизм подачи заготовки.

Устройство состоит из следующих сборочных единиц: несущая рамы, узел с лазерной головкой, капсула зажима/разжима заготовки, система перемещения заготовки и система перемещения капсулы зажима/разжима заготовки.

Разработана конструкторская документация и оформлена технологическая карта на изготовление одной из детали аппарата – ролик. Проект удовлетворяет всем установленным требованиям производственной безопасности.

Ключевые слова: проектирование, труборез, лазер, сложнопрофильный, резка труб, устройство резки труб.

## 2. Введение

Повсеместно для строительных, промышленных и бытовых нужд используются трубы разного размера, диаметра и профиля. Конструкции данного вида металлопроката пользуются большим спросом из-за прочности эквивалентной прочности листовой конструкции. В рамках данной работы трубный прокат используется в качестве заготовок.

Во время обработки труб можно столкнуться с такой проблемой, как неспособность используемого инструмента обеспечить заданную точность реза. Затруднение в достижении необходимой точности обработки способно привести к поломки механизма, в котором данная деталь будет использоваться. В связи с этим было принято решение спроектировать устройство, которое бы отвечало всем требованиям и обеспечивало бы точность реза сложной формы на трубах круглого сечения.

В данной работе объектом исследования является проектирование устройства для сожнопрофильной резки труб. В результате работы получена 3D-модель устройства и КД.

### **3. Литературный обзор**

#### **3.1. Станки для резки труб: виды и особенности**

Ежедневно в промышленной сфере создаются каркасы, рамы, корпуса для будущих станков, зданий, автомобилей. В качестве материала для всего перечисленного используется либо листовая металл, либо трубы. Для рам и каркасов экономически и технологически выгоднее использовать трубный металлопрокат. Однако при обработке деталей возникают проблемы с обеспечением точного, ровного реза сложной формы.

В ходе данной работы студент должен изучить информацию, касающуюся выбранной темы и найти наиболее подходящий способ для обеспечения точности реза. Выбор одного из устройств для резки труб повлечет за собой необходимость проанализировать все конкурентоспособные аналоги, представленные на рынке технического оборудования.

Изучая этот вопрос необходимо помнить, что приоритетные качества получаемого реза – это точность, возможность осуществлять рез сложной формы, экономичность расходуемого материала и легкость в управлении.

#### **3.2. Виды труб и сферы их применения**

Трубы повсеместно используются в производственной среде. Трудно представить строительные работы без данного типа металлопродукции. Для изготовления рам, для производства каркасов, при прокладке трубопроводов.

Можно выделить две основные группы в зависимости от способа производства металлопроката: прокатный и сварной.

Следует подробнее изучить каждый из видов изготовления. Прокатная труба производится методом прокатки слитка на оборудовании, оставляющем отверстие в центральной части изделия. Такие изделия высокопрочные, выдерживающие высокое давление. Поэтому применяются в нефтегазовом секторе.

Сварная разновидность наиболее распространенная. При ее изготовлении сталь сворачивается особым образом к «центру» для расположения шва по всей длине, поэтому такие изделия еще называют прямошовными (рисунок 1). Труба

стальная получается и с помощью другого метода – сворачивания в ленту по спирали. Металлопрокат, полученный таким образом, называют спиральношовным. При производстве сварных труб используются современные технологии, что позволяет получать высокопрочные и износоустойчивые изделия.

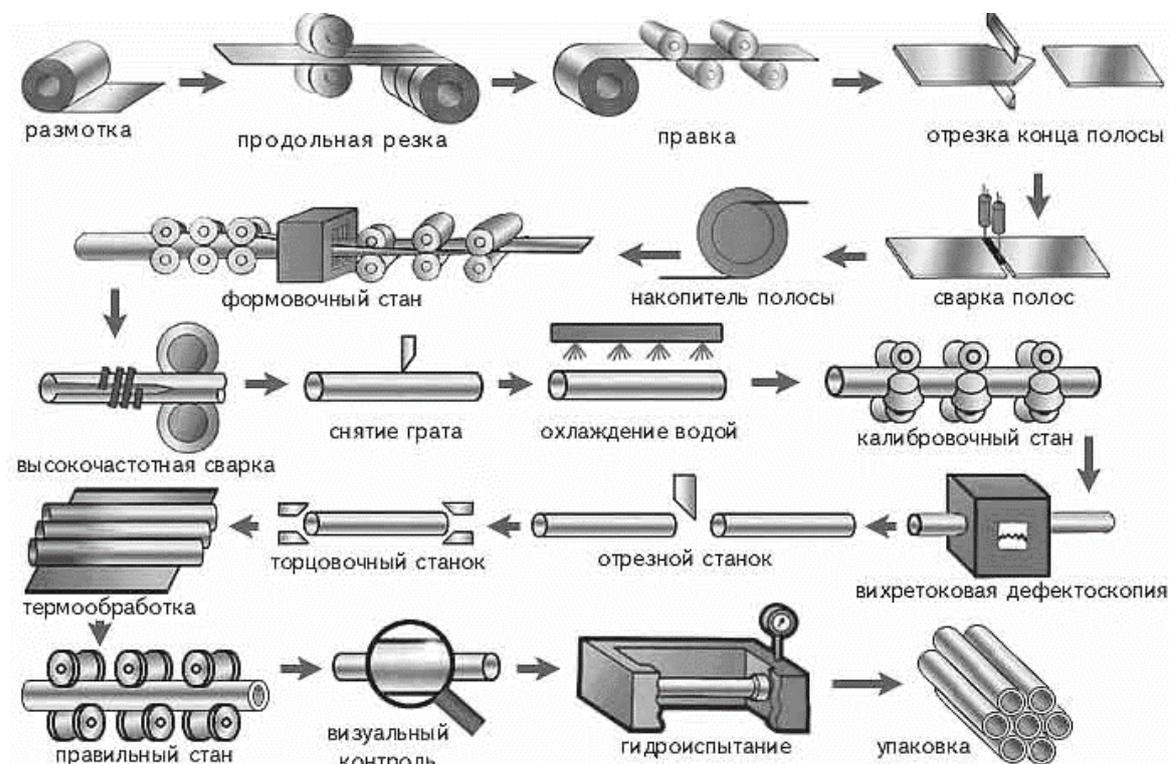


Рис. 1. Схема изготовления стальных труб

Диапазон, используемых в промышленности, труб весьма широк. Особенности трубных конструкций и труб, из которых они сделаны, можно рассматривать предварительно разделив трубы на несколько видов в зависимости от диаметра, сферы применения, формы поперечного сечения, материала и пр.

Наиболее распространенными и популярными являются следующие размеры труб (диаметр от большего к меньшему): 1420, 1220, 1020, 920, 820, 720, 530, 426, 377, 325, 273, 219, 159. Этот прокат относится к трубам большого и среднего диаметра. Меньшие диаметры значительно меньше востребованы на рынке. На сайте производителя обязательно будет таблица размеров труб, которые изготавливает данное предприятие. Обычно любой завод-изготовитель старается охватить как можно больший диапазон размеров труб, поскольку в наше время рынок спроса на данный вид проката очень широк.

Российское производство до недавних пор не выпускало бесшовные трубы с диаметром более 426 мм. А вот электросварные охватывают почти весь сортимент. Спиральношовные трубы могут иметь диаметр больше, чем 1420, но меньше, чем 159 – не выпускаются. Однако, согласно ГОСТ 10704-91 [2] наименьший наружный диаметр прямошовной трубы – 10 мм, а наибольший – 1420 мм. Связано это с тем, что у спиральношовных и прямошовных труб разный способ изготовления.

Так как вариаций размера диаметра трубы огромное множество, можно рассортировать их на группы в зависимости от направления употребления. Стальные трубы по роду их применения можно разделить на семь основных групп:

1. Трубы для трубопроводов.
2. Котельные и паропроводные.
3. Конструкционные.
4. Для нефтяной промышленности и бурения.
5. Для машиностроения.
6. Для сосудов высокого давления.

Далее более подробно рассмотрена каждая из групп и выявлены наиболее применяемые форма поперечного сечения и диапазон диаметров.

**Трубы для трубопроводов** – группа, включающая в себя трубы широкого диапазона размеров, изготавливаемые в основном из малоуглеродистых сталей. К ним относятся трубы, применяемые для отопления, канализации, а также нефтепроводные, водопроводные и газопроводные трубы. Из-за невысоких рабочих давлений перед ними не выдвигаются специальные требования по части механических параметров стали, состояния поверхности и допусков на геометрические размеры.

Таблица 1. Диапазон наружных диаметров в зависимости от сферы применения труб

Эксплуатационная сфера	Диаметр, мм
Водопроводы в жилых постройках	15 – 32
Газопроводы в жилых постройках	
Канализационные системы	50 – 100

**Трубы котельные и паропроводные** – группа труб для паровых котлов всех систем, конструкций и паропроводов, а также трубы, рассчитанные на воздействие пара высоких температур. Трубы изготавливают бесшовными горячедеформированными или холоднодеформированными. Трубы изготавливают из углеродистых сталей марок 10 и 20 по ГОСТ 1050 [3], из низколегированных сталей марок 10Г2 по ГОСТ 4543 [4] и 09Г2С по ГОСТ 19281 [5]. Трубы изготавливают по наружному диаметру и толщине стенки в диапазоне размеров:

1. для горячедеформированных труб 25 – 426 мм;
2. для холоднодеформированных труб 5 – 250 мм.

**Трубы конструкционные** – широко применяются как конструкционный материал в авиации и других отраслях промышленности, поскольку обладают высоким сопротивлением изгибу при малом весе. При производстве этих труб должны быть точно соблюдены механические свойства, точность размеров и поверхность без дефектов, ослабляющих прочность труб. Трубы должны изготавливаться из стали марок: 20А, 45, 10Г2, 38ХА, 30ХГСА, 30ХГСН2А (30ХГСНА), 30ХГСНМА и 38Х2МЮА, выплавленных обычным или вакуумно-дуговым способом. Способ выплавки указывается в заказе. Трубы из стали марок 12ХНЗА и 12Х2НВФА (ЭИ 712) изготавливают из металла обычной выплавки.

**Трубы для нефтяной промышленности и бурения.** Нарезные трубы нефтяного сортамента (ОСТГ) включают бурильные, обсадные и насосно-компрессорные трубы, применяемые в бурении, оборудовании и эксплуатации скважин при добыче нефти и газа. Диапазон наружного диаметра от 60,32 до 168,28 мм. Трубы должны изготавливаться из сталей группы прочности Д, Е, Л, М и Р. Требования к химическому составу материала трубы зависит от группы точности стали.

Таблица 2. Требования к химическому составу

Элемент бурильной трубы, группа прочности	Фосфор, %, не более	Сера, %, не более
Тело бурильной трубы, Д, Е и Л	0,030	0,020

Тело бурильной трубы, М и Р	0,020	0,015
Замок	0,020	0,015

**Трубы для машиностроения** предназначаются для производства деталей машин. В зависимости от спецификации труб, требования весьма разнообразные. Трубы должны изготавливаться из стали марок: 20А, 45, 10Г2, 38ХА, 30ХГСА, 30ХГСН2А (30ХГСНА), 30ХГСНМА и 38Х2МЮА.

**Трубы для сосудов высокого давления** (баллоны, чехлы, оболочки). Для этих труб берут среднеуглеродистую, легированную или высоколегированную сталь. Металл для данных труб должен обладать механическими свойствами, на основании которых рассчитывается прочность сосудов. Чистота внешней и внутренней поверхностей должны быть такой, чтобы никакие дефекты не ослабляли стенки сосуда.

Помимо этого, трубы разделяются на:

1. Профильные;
2. Электросварные;
3. Водогазопроводные;
4. Холоднодеформированные бесшовные;
5. Горячедеформированные бесшовные.

Рассмотрим подробнее каждый из видов этого металлопроката.

**Труба электросварная** – изготавливается из штрипсов или путем формовки листового проката с последующей электросваркой. Для обеспечения высоких антикоррозийных свойств такое изделие обрабатывается специальными составами. По способу прокатки электросварная труба стальная бывает как горячекатаной, так и холоднокатаной. В промышленности и машиностроении применяют изделия, имеющие круглое или квадратное сечение. Широко применение их в трубопроводах, предназначение которых – транспортировка газообразных и жидких сред, в системах водо- и газоснабжения, используется и при возведении металлоконструкций.



Рис. 2. Труба электросварная применяется в системах водо- и газоснабжения.

**Профильная труба стальная** широко применяется в самых различных отраслях: в машиностроении, легкой и пищевой промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, а также при производстве различной мебели и рекламных механизмов. Такую популярность она получила благодаря экономичности, высокой прочности и долговечности. Невысокий вес профильных стальных изделий связан с тем, что при их производстве нужно примерно на 20% меньше металла, чем при изготовлении цельной балки. Именно поэтому не требуется при подъеме специальная техника. Изготавливается стальная труба согласно ГОСТ 13633-86 [6] методом штамповки на специальном оборудовании. Данные профильные изделия подразделяются по форме поперечного сечения (квадратные, овальные, треугольные, прямоугольные) и по длине (немерная, мерная; длиной, кратной мерной).



Рис. 3. Профильная труба квадратного сечения.

Профильные прямоугольные и квадратные трубы задействованы в производстве мебели. Они нашли свое применение в автомобилестроении, при изготовлении металлоконструкций и металлокаркасов.

**Труба бесшовная горячедеформированная и холоднодеформированная** производится из легированной и углеродистой стали. Горячедеформированные

производятся немерной длины (4-12 м). Бесшовные холоднодеформированные стальные трубы, изготовленные по ГОСТ 8734-75 [7], применяются при строительстве газопроводов, котельных, трубопроводов. Они производятся из высококачественных марок стали: ст 45, ст 35, ст 20, ст 10, ст 15 хм.



Рис. 4. Труба бесшовная горячедеформированная и холоднодеформированная

**Труба стальная горячедеформированная** производится методом деформирования стальной заготовки, разогретой до высокой температуры (горячим прессованием либо горячей прокаткой). Выделяют коррозионностойкие и специальные трубы. Коррозионностойкая труба (сталь) используется при прокладке трубопроводов для агрессивных сред, трубопроводов, работающих при высоких температурах. Области применения специальных труб – нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность, а также в качестве заготовки для последующей механической обработки, в качестве стальных прецизионных труб.

**Труба стальная бесшовная холоднодеформированная** производится двумя способами: в валках холодной прокаткой, через специальные фильеры холодным волочением. Заготовками для холоднодеформированных труб служат горячекатаные. Холоднодеформированные гораздо меньше по размеру, чем трубы, получаемые сваркой или горячей прокаткой, однако качество поверхности и точность с геометрической точки зрения выше значительно. Достоинство данных изделий – получение очень тонкой стенки. Поэтому такие трубы (сталь) применяются в качестве капиллярных в сельском хозяйстве, широко их применение в судостро-

ении, машиностроении, в автомобильной, авиационной промышленности, в энергетике. Только из холоднодеформированных стальных труб прокладывают трубопроводы для подачи окислителя, масла и топлива в турбореактивные и реактивные двигатели.

Предназначение **водогазопроводных труб** – монтаж газо- и водопроводов, при ремонте или строительстве новых зданий. Находит применение и в инженерных сетях, с рабочим давлением, не превышающим 25 МПа. Труба (сталь) водогазопроводная изготавливается в соответствии с ГОСТ 3262 [8] на специальном оборудовании – трубопрокатных станах. Производятся методом формовки штрипса (стальной ленты). Труба (сталь) имеет электросварной шов, служащий для увеличения срока службы и для обеспечения безопасности во время эксплуатации. На заводе такие изделия обязательно подвергаются гидроиспытаниям, ультразвуковой проверке шва. Изготавливают их с накатанной или нарезанной резьбой, без резьбы. Бывают как оцинкованные, так и неоцинкованные. Неоцинкованная весит меньше примерно на 3% и менее устойчива к коррозии.

По длине водогазопроводная труба стальная может быть:

1. кратной мерной длины (в пределах мерной, где продольное отклонение по всей длине +10 мм, припуски на каждый рез – 5 мм);
2. мерной длины (4-12 м);
3. немерной длины.

Труба стальная производится различных видов: группы А (контроль общемеханических свойств); группы Б (контроль химсостава); группы В (контроль химического состава и механических свойств); группы Д (контроль испытательного гидравлического давления).

Таким образом, стальная труба – наиболее востребованный вид металлопроката, широко применяемый во многих отраслях промышленности, строительстве, машиностроении, сельском хозяйстве, ЖКХ и многих других. Вне зависимости от вида, такая труба, изготовленная на современных заводах с применением высоко-

технологичного оборудования, обладает множеством преимуществ: долговечностью, надежностью, удобством монтажа, герметичностью, относительно низкой ценой.

### **3.3. Механические виды резки**

Разрезать трубу можно используя «болгарку», труборез или ленточную пилу, однако качество обработанной поверхности будет изменяться в зависимости от применяемого инструмента. Чтобы понять, какой инструмент наиболее подходящий, необходимо изучить достоинства и недостатки каждого из них.

#### **3.3.1. Угловая шлифовальная машина**

Угловая шлифовальная машина или болгарка – это шлифовальная машина для резки, шлифования и зачистки изделий из камня, металла и других материалов, в которой оси двигателя и инструмента (шлифовального диска) расположены под углом  $90^\circ$  по отношению друг к другу.

Устройство и принцип работы: Корпус по форме напоминает цилиндр, часто с боковой рукояткой вблизи места крепления насадок. УШМ содержит универсальный коллекторный двигатель (УКД), пусковой выключатель, угловую зубчатую передачу и узел крепления диска. Некоторые модели оснащены регулятором скорости вращения диска.



Рис. 5. Угловая шлифовальная машина

Электропитание углошлифовальных машин возможно осуществлять от аккумуляторной батареи и электрической сети 220 Вольт. Работы таким оборудованием возможно проводить в не электрофицированных местах. Недостатки моделей – малая мощность и время работы, данные ограничения вызваны ёмкостью батареи и необходимостью производить зарядку.

Диаметр шлифовального круга от типа абразивного круга и может принимать значения от 80 до 300 мм.

Максимальная частота вращения диска от 6500 до 12250 об/мин.

В процессе испытаний оператор удерживает машину таким образом, как если бы он выполнял шлифование горизонтальной поверхности. К рукояткам (рукоятке) машины должна быть приложена сила, имитирующая силу подачи в процессе реального шлифования. Сила подачи напрямую зависит от диаметра круга. Данную зависимость можно наблюдать в таблице 3.

Таблица 3. Сила подачи

Диаметр круга, мм	Сила подачи, Н ( $\pm 5$ Н)
80	15
100	30
115	30
125	30
150	30
180	45
200	45
230	45
300	50

### 3.3.2. Ленточная пила

Ленточная пила по металлу, или ленточнопильный станок, – это стационарное оборудование, используемое для прямолинейной и фигурной резки заготовок

из различных металлов и сплавов. Эти станки получили довольно широкое распространение как на больших предприятиях, которые занимаются производством в промышленных объемах, так и в маленьких мастерских.



Рис. 6. Ленточная пила для металла горизонтальная

Ленточнопильные станки по металлу подразделяют на три типа: ручные, полуавтоматические, автоматические. Кроме того, ленточнопильные станки бывают одностоечные и двухстоечные. Полуавтоматические станки поднимают пильную раму, в которую заправлено полотно ленточной пилы, к концу среза.

Ленточная пила сконструирована таким образом, что позволяет производить резание металла под углом  $45^\circ$  и выше. Резание под углом осуществляется с помощью поворотных тисков или поворотной/наклонной пильной рамы.

Зачастую при распиле и изготовлении заготовок применяются так называемые биметаллические ленточные полотна по металлу. Они имеют вид замкнутого кольца (круга). Пилы изготавливаются из высокопрочной легированной стали (с помощью закалки твердость такого инструмента повышают до 65-69 HRC) и представляют собой цельное полотно шириной от 6мм и до 41мм. Для обеспечения качественной реза в контакте с заготовкой одновременно должно находиться 3-4 зуба. Биметаллическими пилами также режут заготовки из инструментальных, нержавеющей, жаростойких сталей, сплавов титана и других металлов.

Максимальная скорость резания пильного полотна установлена производителем ленточной пилы. Обычно она колеблется в диапазоне от 20 до 35 м/с. Распространяется общий принцип, что чем тверже разрезаемый материал, тем меньше скорость резания.

Рекомендуемое время распила металла ленточной пилой составляет 1-1,5 часа, после этого полотну нужно дать отдохнуть для снятия внутренних

напряжений. Силу натяжения ленты выставляют на уровне составляет 160-190 кгс/см<sup>3</sup>.

На сегодняшний день резание металлических листов путем пиления считается одним из наиболее простых и качественных методов обработки. Среди существенных преимуществ по сравнению с другими видами резания металла можно отметить непрерывность процесса распила, чистый, ровный рез, отсутствие деформаций материала, минимум потерь металла в момент пиления, точность обработки изделия, расширенные производственные возможности, простота в использовании. Именно благодаря этим особенностям пилы по металлу являются одним из самых распространенных типов оборудования для резки.

Благодаря специальным разработкам производителей техники для металлообработки и использованию качественных материалов, пильные станки являются оборудованием, наиболее стойким к износу. Именно это и позволяет значительно увеличить срок эксплуатации.

### **3.3.3. Труборезы**

Труборезные станки – это необходимое и незаменимое оборудование в производстве любого назначения. Для незначительных и малообъемных работ обычно используют переносные труборезы. Помимо того, что ими рассекают трубы, так же их используют для обработки кромки с разрезаемой стороны трубы. При необходимости в точной и массовой обработке толстостенных труб, то стоит иметь в виду стационарные труборезные станки. Распил нестандартных труб или труб большого диаметра выполняется с одновременной обработкой краев трубы для последующего соединения стыков. Следует подробнее рассказать о каждом виде станков для резки труб.

При выборе труборезного станка необходимо учесть материал трубы, которая будет подвергаться обработке. Далее приведена таблица видами обрабатываемых труб и рекомендованного обрабатывающего оборудования.

Таблица 4. Рекомендованное оборудование для обрабатываемых труб

Рекомендованное оборудование	Виды обрабатываемых труб
Станки безогневой резки	Трубы повышенной горючести.
Роликовые труборезы	Трубы из латуни и меди.
Газорезательные станки	Стальные трубы, трубы из чугуна и черных металлов.
Гильотины	Композитные и многокомпонентные трубы.
Шлифовальные машины	Композитные и многокомпонентные трубы.
Орбитальные труборезы	Пластиковые, стальные, железные, чугунные трубы.
Ленточнопильные станки для труб	Трубы из чугуна, меди, цветных сплавов, чугуна, стали и железа.

Далее необходимо разобрать классификацию труборезов в зависимости от принципа разделения. Для наглядности ниже представлен список.

#### **По принципу привода:**

1. Ручные. Из всех перечисленных типов приспособлений является менее производительный, так как требует физической силы оператора. Приспособление может использоваться вне специально оборудованного цеха, отличается низким весом и отсутствием шума.
2. Электрические. Отличается высокой производительностью, из-за наличия электродвигателя, но производит много шума. По строению и принципу работы напоминают циркуляционную пилу.
3. Пневматические. Оснащено компрессором, что позволяет увеличить производительность. По принципу работы схожи с ручными труборезами.
4. Гидравлические. Отличается от предыдущего тем, что механизм зажима активизируется за счет движения гидравлической жидкости.

### По типу конструкции:

- Ножничные. За основу конструкции взяты ножницы по металлу, но губки инструмента адаптированы для резки труб, используется для обработки труб из пластика и металлопластика (за исключением тонкостенного пластика, так как обработка может вызвать деформацию стенки трубы). Таким типом оборудования невозможна обработка металлических труб. Принцип действия: подобно ножницам происходит давление лезвия на поверхность трубы, крепко закрепленной в обойме. Ниже представлен ручной труборез данного вида с уточнением конструкции.



Рис. 7. Ножничный труборез ручной

- Резцовые. При обработке трубы данным инструментом получается аккуратный срез. Предназначен для обработки пластиковых, металлопластиковых и металлических труб, в том числе тонкостенных. Принцип действия: к трубе, крепко зажатой в обойме, подводится резец, выполненный в виде острого вращающегося диска. После чего диск начинает постепенно разрезать стенку трубы, пока не пройдет сквозь нее. Ниже приведено изображение резцового трубореза.

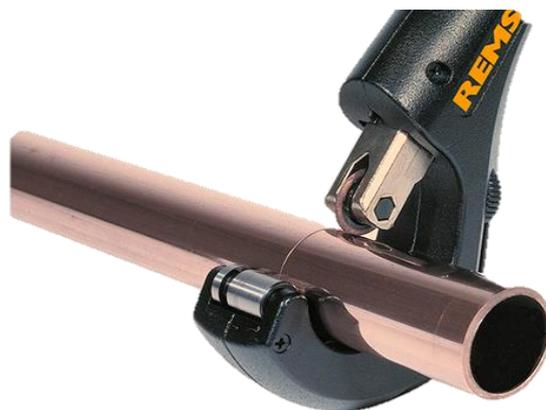


Рис. 8. Резцовый труборез

- Роликовые. Используются для работы с трубами, закрепленными на высоте 3 см и более к опоре. Стандартное количество роликов, обеспечивающих разрезание трубы, может меняться от 1 до 4. Данный инструмент подходит для работы с трубами диаметром до 10см (модели с одним роликом предназначены для диаметров 5см). Ниже приведено схематичное изображение ручного трубореза с одним роликом.



Рис. 9. Роликовый труборез ручной

- Цепные. Используется в работе с хрупкими металлами, например, керамические, бетонные или чугунные трубы. Принцип действия примерно такой же как у роликовых. Режущим инструментом является цепь подобная той, что используется в бензопиле. По всему периметру она врезается в поверхность трубы и вращается вокруг нее, благодаря обеспеченному давлению и высокой твердости цепи, обеспечивается резка даже толстых стен. Ниже приведено изображение цепного трубореза.



Рис. 10. Цепной труборез

- Роторные. Обеспечивает одновременную обработку по всему периметру реза трубы напоминая собой хомут. У данного инструмента имеется множество съемных режущих роликов. Следует отметить, что у данного инструмента существует возможность переставлять рукоять, тем самым появляется возможность использовать данный инструмент в случаях, когда труба установлена очень неудобно и другое оборудование не может быть применено. Принцип действия схож с работой цепного трубореза. Может использоваться для разрезания труб с толщиной стенки до 19мм. В основном применяется для труб больших диаметров. Самые дорогие из представленных. Ниже приведено изображение роторного трубореза.



Рис. 11. Роторные труборез

- Храповые. Используются для металлических труб диаметром до 3см. Имеют большую производительность. Принцип работы: оснащены храповым механизмом, с помощью которого и происходит обработка разрезание трубы. Ниже приведено изображение храпового трубореза.



Рис. 12. Храповый труборез ручной

### **3.4. Резка металла на станках с ЧПУ**

Помимо труборезов, для выполнения той же задачи существуют станки с ЧПУ. В роли режущего инструмента в таких устройствах выступают лазерная головка, плазменная головка или гидроабразивная головка. Для использования данного инструментария необходимы специально оборудованные цеха. Должно быть проконтролированы верный монтаж, эксплуатация, своевременные ремонт и демонтаж станка. Управление такой установкой должно осуществляться квалифицированным оператором.

Необходимо остановиться на каждой головке в отдельности и подробнее изучить недостатки и преимущества использования данного инструмента в производственной среде. На сегодняшний день применение плазменной или лазерной резки металла повсеместно пользуется спросом, что ведет к модернизации рассматриваемого способа обработки труб и любых других изделий.

#### **3.4.1. Лазерная резка металла**

Как уже упоминалось ранее, в роли режущего инструмента при лазерной резке используется сфокусированный лазерный луч. Обрабатываемый материал нагревается непрерывно работающим лазерным лучом и, достигнув температуры плавления, расплав удаляется струей газа под давлением.



Рис. 13. Установка для резки металла лазером

Рассматриваемый способ обработки материала, несомненно, имеет некоторые преимущества. Применение лазерной резки гарантирует получение более точных по перпендикулярности кромок и более узких прорезей применительно к характерному для процесса диапазону толщин. С помощью фокусирования лазерного излучения возможно нагревать достаточно узкую зону обрабатываемого материала, что уменьшает деформацию при резке. Даже при такой узкой зоне обрабатываемого материала, рез получается качественный и со сравнительно небольшой зоной термического воздействия. Следует отметить, что помимо всего прочего к особенностям данного вида резки относятся точность получаемых деталей, возможность получения вырезов небольших фигур сложной конфигураций и четко очерченных углов.

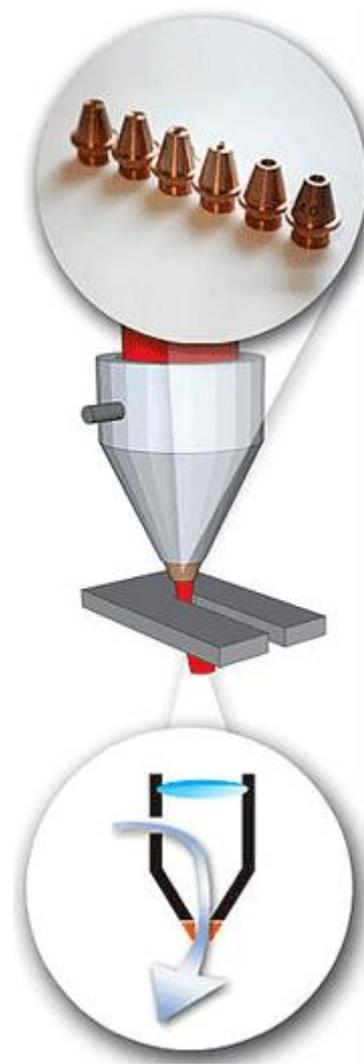


Рис. 14. Сопло для лазерного станка

Необходимо сказать, что особая производительность и эффективность данного вида резки металла достигается при обработке металлического листа или трубы с толщиной стенки до 6мм. При лазерной обработке на тонколистовом материале не остается окалины, что позволяет сразу передавать детали на следующую технологическую операцию. Кромки реза у листов толщиной до 4 мм и меньше остаются гладкими и прямолинейными, а у листов большей толщины кромки имеют некоторые отклонения со скосом примерно  $0,5^\circ$ . Диаметры отверстий, вырезанных лазером, имеют в нижней части несколько больший диаметр, чем в верхней, но остаются круглыми и хорошего качества. Для металла толщиной 20–40 мм лазерная резка применяется значительно реже плазменной, а для металла толщиной свыше 40 мм – практически не используется.

Расхода кислорода на резку металла, как и расход других газов, рассчитывается по специальной формуле:

$$P_{\text{дет}} = HL + HK_h$$

И в этом уравнении  $H$  – это нормативы расхода во время рабочего процесса, кубический метр газа на метр реза.  $L$  – величина разреза или вырезаемой детали, метр.  $K_h$  – это коэффициент, который учитывает множество особенностей рабочего процесса: расход газа на начальном этапе резке, продувка и регулировка, зажигание плазменной дуги, на прогрев металла, и, как правило, он равняется 1.1 при единичном производстве, или 1.05 – при промышленном производстве.

Норма расхода кислорода на резку металла и прочих газов ( $H$ , кубический метр на один метр разреза) во время разделения в зависимости от мощностей оборудования и режима резки, высчитывается по следующей формуле:

$$H = \frac{P}{V}$$

Где  $P$  – это допустимый расход газов, который указан в технических характеристиках используемого оборудования, метр кубический на час, а  $V$  – это скорость разделения метр на час.

Основные значения газового расхода по различным диапазонам скорости резки, которые можно применять для расчётов крупного масштаба в промышленном производстве, приведены в следующей таблице.

Таблица 5. Номинальный расход газов для лазерной резки

Оборудование	Оптимальный диапазон разрезаемых толщин, мм	Диапазон скоростей резки, м/ч	Номинальный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	
			кислород	азот
Лазерная ре- жущая головка	1-20*	420-50	0,6-3,0	2,1-12,6
* для низкоуглеродистых, легированных сталей и цветных металлов диапазон 1-10мм.				

В реальности от 20 до 50% рабочего времени тратится на подготовку лазерного гравера, загрузку и выгрузку обрабатываемого изделия. В это время лазерное оборудование находится в режиме ожидания и используют минимальное количество энергии благодаря своей функции энергосбережения.

У каждого лазера есть максимальная мощность, то есть 20-ваттный лазер значительно отличается от 100-ваттного лазера. Но максимальная мощность лазера используется только для некоторых работ.

*Затраты на электроэнергию = потребление электроэнергии x время горения дуги x \$/кВт-ч.*

### 3.4.2. Плазменная резка металла

Процесс плазменной резки включает в себя проплавление разрезаемого металла за счет теплоты, излучаемой сжатой плазменной дугой и интенсивное удаление расплавов при помощи плазменной струи. Получение плазменной дуги заключается в преобразовании обычной дуги в специальном устройстве – плазмотроне – путем ее сжатия и вдувания в нее плазмообразующего газа.



Рис.15. Станок для резки металла плазмой

Преимущество плазменной резки перед лазерной заключается в возможности обработки более толстостенной заготовки. Данный вид обработки экономически целесообразен для резки алюминия и сплавов на его основе толщиной до 120 мм; меди толщиной до 80 мм; легированных и углеродистых сталей толщиной до

150 мм; чугуна толщиной до 90 мм. На материалах толщиной 0,8 мм и меньше, использование плазменной резки находит ограниченное применение.

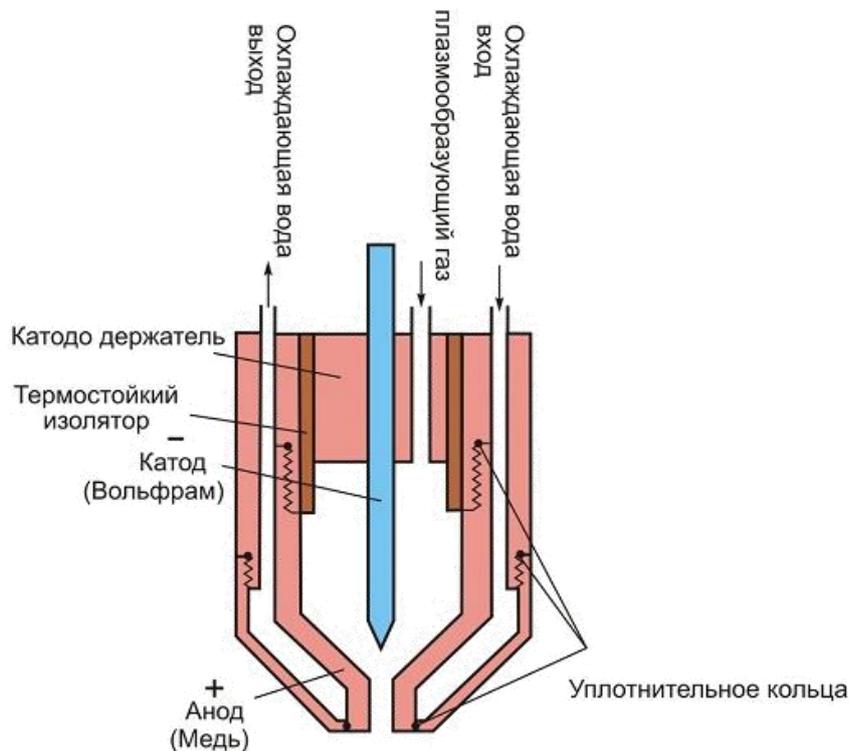


Рис. 16. Сопло для резки металла плазмой

Источник питания для плазменной резки преобразует одно- или трехфазный переменный ток в постоянный ток напряжением от 200 до 400В. Постоянный ток требуется для поддержания стабильной плазменной дуги на всем протяжении резки. Также источник питания позволяет регулировать силу тока в зависимости от типа и толщины материала.

Система поджога дуги — этот контур генерирует переменный ток напряжением около 5000 В и частотой 2 МГц, который образует внутри плазмотрона искру, поджигающую плазменную дугу.

Плазмотрон служит для выравнивания и охлаждения расходных материалов. Основные расходные материалы для плазменной резки — это электрод, завихритель и сопло (делается он обычно из меди или стали). Для повышения качества резки также может потребоваться дополнительный защитный колпачок, а для удержания всех деталей вместе используются внутренний и внешний поджимные колпачки.

Важно отметить, что для плазменной резки характерна некоторая конусность поверхности реза  $3^{\circ}$ - $10^{\circ}$  – это явление можно считать недостатком этого способа обработки металла. При вырезании отверстий, особенно на больших толщинах, наличие конусности уменьшает диаметр нижней кромки отверстия, на детали толщиной 20 мм разница диаметра входного и выходного отверстия может составить 1 мм. Следует учитывать, что плазменная резка металла имеет ограничения по минимальному размеру отверстия, что так же относится к недостаткам. Важно сказать, что отверстия хорошего качества получаются при диаметре не меньшем толщины разрезаемого плазмой листа, так лист толщиной в 5 мм имеет минимальный диаметр отверстия того же номинала, то есть 5 мм. При данном способе реза присутствует кратковременный термический обжиг кромки разрезаемого металла. Все это приводит к ухудшению качества деталей. Чаще всего на этих деталях присутствует небольшая окалина, которая легко удаляется. Следовательно, обработка плазменной дугой имеет еще один изъян.

Основные значения номинального газового расхода по различным диапазонам скорости резки приведены в следующей таблице.

Таблица 6. Номинальный расход газов для плазменной резки

Оборудование	Оптимальный диапазон разрезаемых толщин, мм	Диапазон скоростей резки, м/ч	Номинальный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	
			воздух	азот
Плазменный резак	1-60*	200-6	3,0-9,0	2,5-5,0
* для низкоуглеродистых, легированных сталей и цветных металлов диапазон 1-10мм.				

*Затраты на электроэнергию = потребление электроэнергии x время горения дуги x \$/кВт-ч.*

### 3.4.3. Резка металла гидроабразивной струей

Гидроабразивная резка — вид обработки материалов резанием, где в качестве режущего инструмента вместо резца используется струя воды или смеси воды и абразивного материала, выпускаемая с высокой скоростью и под высоким давлением (рисунок 17). В природе подобный процесс, протекающий естественным образом, называется водной эрозией.



Рис. 17. Гидроабразивный станок

В основе технологии гидроабразивной резки лежит принцип эрозионного воздействия смеси высокоскоростной водяной струи и твёрдых абразивных частиц на обрабатываемый материал. Физическая суть механизма гидроабразивной резки состоит в отрыве и уносе из полости реза частиц материала скоростным потоком твердофазных частиц. Вода, сжатая одним из основных компонентов системы — насосом высокого давления (4000 бар или более), проходит через водяное сопло, образующее струю диаметром 0,2-0,35 мм, попадающую в смесительную камеру. В смесительной камере происходит смешивание воды с абразивом (гранатовым песком) и далее она проходит через второе, твердосплавное сопло (в качестве материала сопла чаще всего применяют алмаз, рубин, сапфир) с внутренним диаметром 0,6-1,2 мм. Из этого сопла струя воды с абразивом выходит со скоростью около 1000 м/сек и попадает на поверхность разрезаемого материала (рисунок 18).

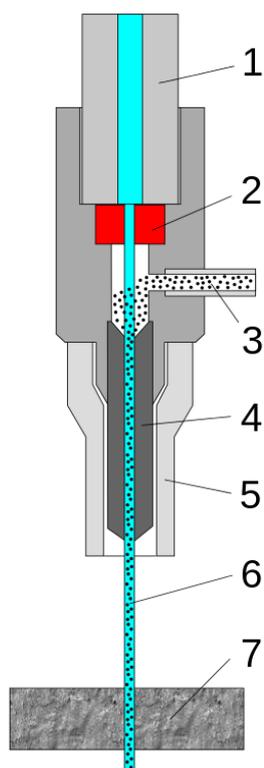


Рис. 18. Схема установки гидроабразивной резки. 1 — подвод воды под высоким давлением, 2 — сопло, 3 — подача абразива, 4 — смеситель, 5 — кожух, 6 — режущая струя, 7 — разрезаемый материал.

Гидроабразивные станки могут резать нержавеющей сталь до 200 мм толщиной. Для станка не имеет значения, насколько твёрд материал, цветной это металл или нет. Небольшой размер струи (примерно 1 мм) позволяет производить чётко очерченные углы с очень низким допуском.

К достоинствам данного вида обработки металла можно отнести: отсутствие термического воздействия на материал (температура в зоне реза 60-90°C); существенно меньшие потери материала; широкий спектр разрезаемых материалов и толщин (до 150-300 мм и более); высокая эффективность резки листовых материалов толщиной более 8 мм; отсутствие выгорания легирующих элементов в легированных сталях и сплавах; отсутствие оплавления и пригорания материала на кромках обработанных деталей и в прилегающей зоне; возможность реза тонколистовых материалов в пакете из нескольких слоёв для повышения производительности, в том числе за счёт уменьшения холостых ходов режущей головки; полная пожаро-

и взрывобезопасность процесса; экологическая чистота и полное отсутствие вредных газовыделений; высокое качество реза (шероховатость кромки Ra 1,6).

Недостатками способа можно назвать: недостаточно высокая скорость реза тонколистовой стали; ограниченный ресурс отдельных комплектующих и режущей головки; высокая стоимость абразива (расходный материал); коррозия металла.

При помощи гидроабразивной струи резать можно практически любые материалы: черные металлы и сплавы, труднообрабатываемые легированные стали и сплавы (в том числе жаропрочные и нержавеющие), цветные металлы и сплавы (медь, никель, алюминий, магний, титан и их сплавы), композиционные материалы, керамические материалы (гнейсогранит, плитка), природные и искусственные камни (гранит, мрамор и т. д.), стекло и композиционное стекло (триплекс, бронестекло, армированное стекло, стеклотекстолит и т. п.), пористые и прозрачные материалы, сотовые и сэндвич-конструкции, бетон и железобетон.

### **3.5. Выводы по разделу**

Из всего вышесказанного понятно, что наиболее эффективный способ резки материала с целью достижения наименьшего допустимого для обработки диаметра и получение наилучшей точности – резка металла на станке с лазерной головкой. Все преимущества и недостатки данного способа описаны выше. Затраты на расходный материал (в сравнении с гидроабразивной и плазменной резкой) минимальны, способ управления прост, качество получаемого реза высокое.

## **4. Конструкторская часть**

### **4.1. Техническое задание**

на проектирование установки для сложнопрофильной резки труб

#### **1. Цель, задачи и исходные данные для проведения работы**

Автоматизированная установка для сложнопрофильной реки труб создается с целью выполнения реза сложной формы на трубном металлопрокате.

#### **2. Основное содержание работы**

Проектирование установки (узла) для выполнения следующих видов работ:

- *Зажим/отжим заготовки;*
- *Проталкивание трубы в рабочую зону;*
- *Вращение капсулы зажима заготовки;*
- *Подвод/отвод лазерной головки к обрабатываемой части трубы.*

#### **3. Основные требования к установке**

##### **3.1. Состав установки и требования к конструктивному исполнению**

###### **3.1.1. Установка должна содержать следующие основные элементы:**

- *несущая рама;*
- *капсула зажима/разжима заготовки;*
- *система перемещения заготовки*
- *система перемещения капсулы зажима/разжима заготовки;*
- *система перемещения лазерной головки.*

###### **3.1.2. Компоновка**

Установка должна представлять собой корпус, внутрь которого помещена рамная капсула для поджима заготовки. Данная капсула способна вращаться за счет роликов и зубчатого венца. Сама капсула состоит из двух фланцев, скрепленных между собой трубами. К фланцам прикреплен механизм зажима и подачи трубы. Таким образом заготовка осуществляет горизонтальное и вращательное движение. На неподвижной станине к корпусу присоединяется система передвижения лазерной головки. Режущий инструмент способен перемещаться вертикально.

Для загрузки/выгрузки заготовки лазерная головка должна подниматься по направляющим в крайнее верхнее положение. Рабочая зона над должна быть защищена от несанкционированного (случайного) проникновения.

### **3.1.3. Требования к конструкции и функциональному применению элементов**

#### **3.1.3.1. Несущая рама**

Рама должна быть сварной, выполнена из стандартного нержавеющей профиля и установлена на регулируемые по высоте виброопоры. В верхней части рамы, по бокам и сзади, должно быть размещено защитное ограждение (сетка), а спереди – открытая рабочая зона. Сзади зона загрузки должна иметь защиту от несанкционированного (случайного) проникновения во время работы установки в виде сетки. Рама несет собой соединительную функцию. Посредством нее все необходимые для функционирования устройства узлы соединены между собой.

#### **3.1.3.2. Капсула зажима/разжима заготовки**

Капсула зажима заготовки представляет собой рамную конструкцию из двух фланцев, соединенных между собой трубами. Для увеличения прочности конструкции сквозь трубы направлена шпилька. На фланцы с помощью тнк-направляющих и кареток крепится механизм поджима заготовки. Данный механизм состоит из роликов, которые поджимают заготовку. За счет усилия пневмоцилиндра рейка, прикрепленная к каретке, разъезжается и увеличивает пространство для обрабатываемой заготовки. За счет шестерни, соединяющей две рейки между собой, ролики одновременно и с равной скоростью разъезжаются вверх и вниз (влево и вправо). В случае незапланированного отключения электроэнергии, заготовка не изменит своего положения за счет пружин, стягивающих оси поджимных роликов.

#### **3.1.3.3. Система перемещения заготовки**

К одному из поджимных роликов на тот же вал крепится шестерня, которая в свою очередь соединена с шестерней, передающей усилие от мотора. За счет данной передачи ролик выполняет не только поджимную функцию, но и проталкивает заготовку по направлению к зоне резания.

#### **3.1.3.4. Система перемещения капсулы зажима/разжима заготовки**

Система должна состоять из трех опорных роликов. Рассматриваемые ролики крепятся к несущей раме. Вращение капсулы происходит посредством зубчатого соединения и за счет усилий мотора. Зубчатое соединение должно быть выполнено таким образом, что к переднему фланцу капсулы крепится секторно нарезанная шестерня. Эта шестерня соединяется с другой, надетой на тихоходный вал редуктора. Система подразумевает отдельный электродвигатель.

#### **3.1.3.5. Система перемещения лазерной головки**

Система должна представлять собой станину, к которой через тнк-направляющие и каретки присоединяется лазерная головка. Вертикальное движение она будет совершать за счет соединения винт-гайка. Роль гайки будет выполнять непосредственно режущий инструмент. В системе должен быть отдельный электромотор, который будет передавать крутящий момент на винт, а тот в свою очередь, приводить в движение лазерную головку. Нулевая позиция инструмента должна быть расположена в крайнем верхнем положении и определяться при каждом включении устройства.

### **3.2. Технические характеристики установки**

#### **3.2.1. Несущая рама (станина)**

- материал: *сталь углеродистая;*
- габаритные размеры (Д×Ш×В): *не более 2000×1500×1800 мм;*

#### **3.2.2. Капсула (модуль) зажима/разжима заготовки**

- материал: *сталь углеродистая;*
- габаритные размеры (Д×Ш×В): *не более 1000×1000×1000 мм;*
- усилие зажима *не более 2000Н*

#### **3.2.3. Система перемещения заготовки**

- материал: *сталь углеродистая;*
- габаритные размеры (Д×Ш×В): *не более 500×500×1000 мм;*
- максимальная нагрузка: *не более 80 кг.*
- скорость подачи трубы: *не менее 50 мм/с;*
- точность позиционирования: *не менее ± 0,5 мм;*

#### **3.2.4. Система вращения капсулы зажима/разжима заготовки**

- материал: сталь углеродистая;
- габаритные размеры (Д×Ш×В): не более 700×700×1000 мм;
- угловая скорость вращения: не менее 1 рад/с;
- точность позиционирования: не менее  $\pm 0,5$  град;

### **3.2.5. Система перемещения лазерной головки**

- материал: сталь углеродистая;
- длина перемещения: 200 мм;
- скорость перемещения: не менее 50 мм/с;
- точность позиционирования: не менее  $\pm 0,1$  мм;

## **3.3. Требования к надежности и технике безопасности**

- 3.2.1. Все узлы и механизмы установки должны работать без заеданий и ударов.
- 3.2.2. В наиболее ответственных местах должны быть предусмотрены предохранительные устройства от перегрузок.
- 3.2.3. Защита от поражения электрическим током, короткого замыкания и размыкания цепи управления роботом должна быть выполнена посредством экстренного выключателя, расположенного на лицевой панели установки.
- 3.2.4. Электроаппаратура и электродвигатели должны быть защищены от попадания влаги по категории “Правил устройства электроустановок (ПУЭ)”, утвержденных Госэнергонадзором.
- 3.2.5. Конструкция установки должна исключать его поломку при возникновении нештатных ситуаций.
- 3.2.6. Необходимо предусмотреть средства, обеспечивающие надежное заземление всех составных частей комплекса, которые могут оказаться под напряжением.
- 3.2.7. Установка должна соответствовать ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования».

## **3.3. Требования к технологичности производства и эксплуатации.**

3.3.1. Конструкция установки должна быть технологичной при изготовлении, эксплуатации и ремонте.

3.3.2. Составные части комплекса должны быть доступны для технологического обслуживания и ремонта.

3.4. Требования к метрологическому обеспечению.

3.4.1. Все используемые измерительные устройства и датчики должны быть отградуированы, и пройти соответствующую аттестацию.

3.5. Эстетические и эргономические требования

3.5.1. Конструкция составных частей установки и их внешний вид должны соответствовать современным требованиям технической эстетики.

3.5.2. Установка органов управления и усилия, прикладываемые к ним человеком, должны соответствовать эргономическим требованиям.

#### 4. Требования к технической документации

4.1. В результате выполнения работ должна быть разработана и передана Заказчику следующая документация на установку, состоящей из элементов, перечисленных в п.3.1.1 (1 экземпляр в бумажном и электронном виде):

- конструкторская документация по ГОСТ 2.102-68;

#### 4.2. Кинематические схемы основных элементов конструкции

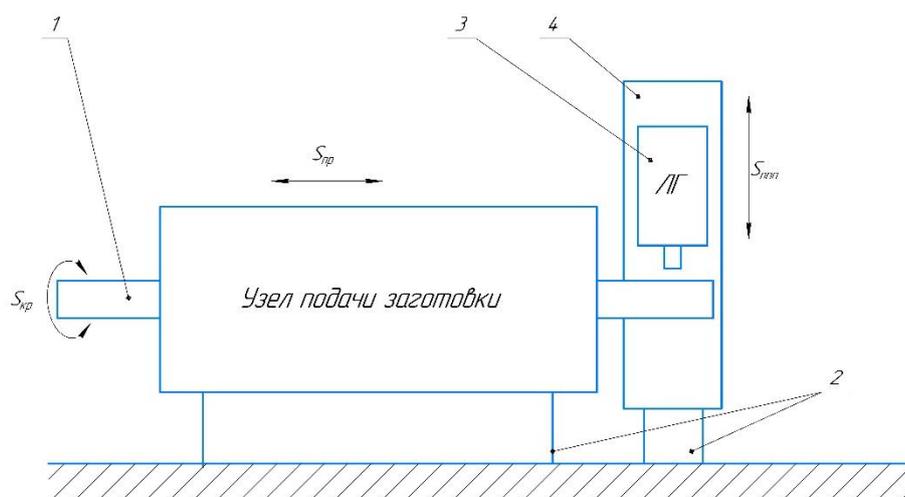


Рис. 19. Общий вид.  $S_{кр}$  – круговая подача,  $S_{пр}$  – продольная подача,  $S_{поп}$  – поперечная подача, 1 – заготовка, 2 – станина, 3 – лазерная головка, 4 – система перемещения ЛГ

На рисунке 19 представлена общая кинематическая схема устройства. Узел подачи заготовки включает в себя несущую раму, капсулу зажима/разжима заготовки, систему перемещения заготовки и система перемещения капсулы зажима/разжима заготовки. Система перемещения лазерной головки представляет собой отдельный узел.

Круговая подача ( $S_{кр}$ ) происходит за счет системы перемещения капсулы зажима/разжима заготовки. Наличие системы перемещения заготовки обеспечиваю продольную подачу ( $S_{пр}$ ). Поперечная подача осуществляется посредством системы перемещения лазерной головки.

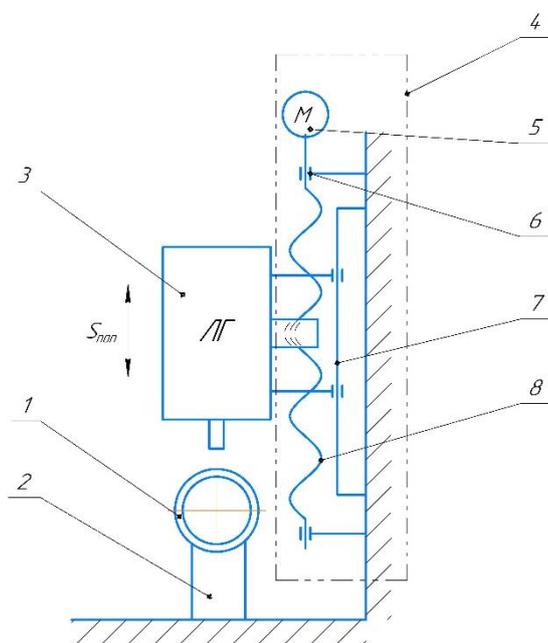


Рис. 20. Кинематическая схема системы перемещения лазерной головки.  
 $S_{поп}$  – поперечная подача, 1 – заготовка, 2 – станина, 3 – лазерная головка,  
 4– система перемещения ЛГ, 5 – двигатель, 6 – подшипник скольжения,  
 7 – направляющая, 8 – система винт-гайка

Рисунок 20 отображает реализацию возможности перемещения режущего инструмента вдоль направляющих при помощи передачи винт-гайка. В роли гайки выступает лазерная головка. Направляющая, по которой скользит ЛГ и винт разнесены для облегчения понимания компоновки механизмов в устройстве. В соответствии с обозначениями на схеме несложно понять принцип действия механизма подачи.

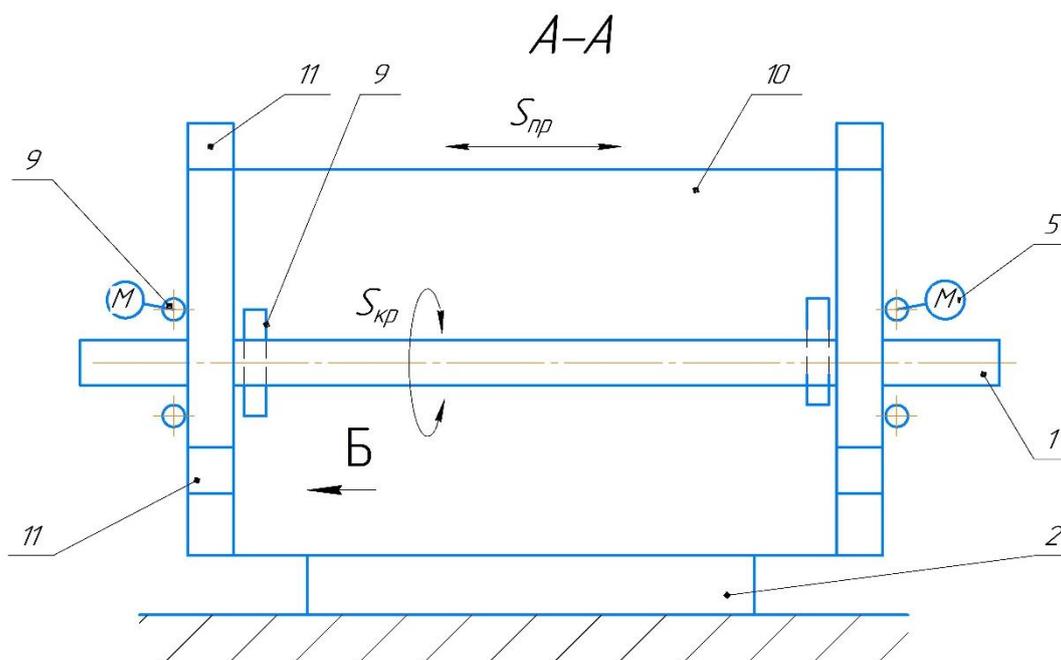


Рис. 21. Кинематическая схема узла подачи заготовки. Вид А-А.

$S_{\text{поп}}$  – поперечная подача, 1 – заготовка, 2 – станина, 5 – двигатель, 9 – ролик, 10 – капсула зажима/разжима заготовки, 11 – система перемещения капсул зажима/разжима заготовки.

На рисунке 21 представлен узел подачи заготовки. Все механизмы, осуществляющие перемещение заготовки либо капсулы представлены блоками. Система перемещения заготовки включает в себя проталкивающий ролик и электродвигатель может быть размещен в одной из представленных позиций.

Рисунок 22 содержит в себе основную информацию, позволяющую понять принцип работы и строения узла подачи заготовки. Вынесенные позиции отображают состав механизма.

Фиксирующим элементом являются ролики. Они, за счет усилия пневмоцилиндра, зажимают заготовку. В случае, если произойдет аварийное отключение электропитания, пружины будут стягивать фиксирующий механизм и не произойдет изменение позиции заготовки. Крепление пружины может быть выполнено как вертикально к осям, так и по горизонтали. Главная задача – расположить элементы так, чтобы они не мешали работе друг друга.

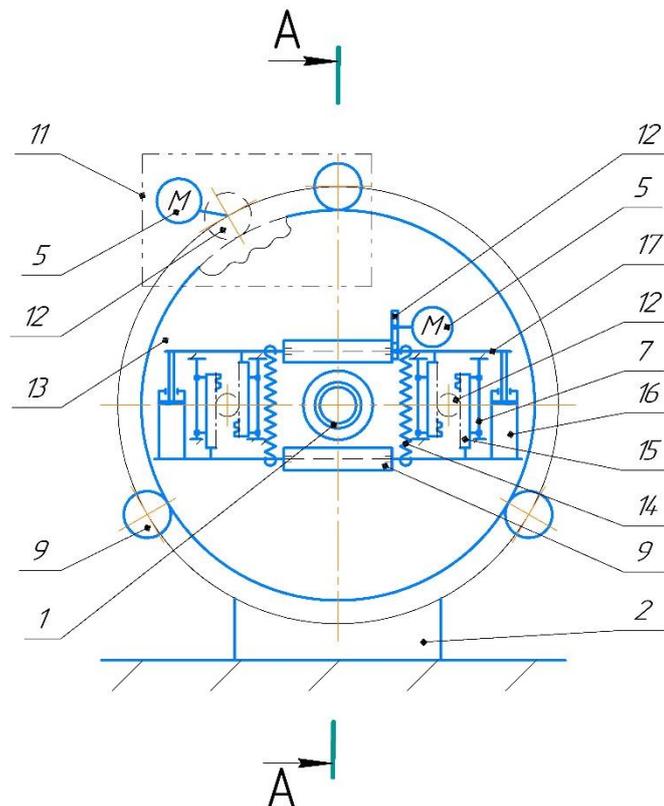


Рис. 22. Кинематическая схема узла подачи заготовки. Главный вид.

1 – заготовка, 2 – станина, 5 – двигатель, 7 – направляющая, 9 – ролик, 11 – система перемещения капсулы зажима/разжима заготовки, 12 – шестерня, 13 – фланец, 14 – пружина растяжения, 15 – рейка, 16 – пневмоцилиндр, 17 – ось.

Рейки, прилепленные к тнк-направляющим, регулируют положение роликов. Шестерня синхронизируют работу правой и левой рейки.

На рисунке 23 изображена кинематическая схема узла подачи заготовки, вид Б. Из-за расположения роликов уменьшается возможность перекоса. Правильное расположение заготовки обеспечит большую точность реза. Механизм перемещения поджимных роликов идентичен механизму, представленному на рисунке 22, все компоненты совпадают с описанными ранее.

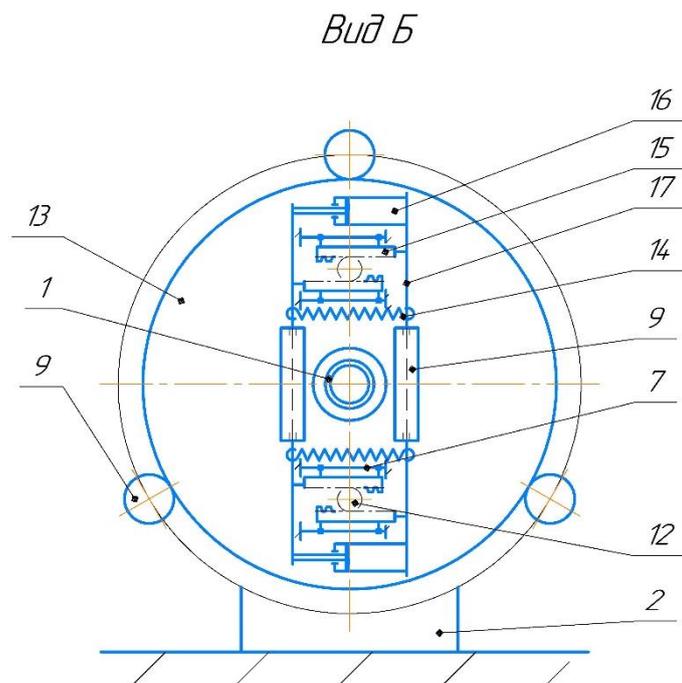


Рис. 23. Кинематическая схема узла подачи заготовки. Вид Б.

1 – заготовка, 2 – станина, 7 – направляющая, 9 – ролик, 12 – шестерня, 13 – фланец, 14 – пружина растяжения, 15 – рейка, 16 – пневмоцилиндр, 17 – ось.

### 4.3. Покупное оборудование

1. Узел фиксации/зажима трубы
  1. пневмопривод:
2. Узел продольного перемещения трубы
  1. шаговый двигатель (ШД)
  2. редуктор (планетарный или червячный) по необходимости
  3. упругая муфта
3. Узел осевого вращения трубы
  1. ШД
  2. редуктор (планетарный или червячный) по необходимости
  3. упругая муфта
4. Лазерная головка (ЛГ) для резки металла (до 3-5 мм)
5. Устройство вертикальной подачи ЛГ
  1. рельсовые направляющие
  2. каретка(и) качения

3. шарико-винтовая передача (ШВП) или передача рейка шестерня
  4. ШД
  5. упругая муфта
6. Устройство поперечной подачи ЛГ
1. рельсовые направляющие
  2. каретка(и) качения
  3. шарико-винтовая передача (ШВП) или передача рейка шестерня
  4. ШД
  5. упругая муфта

#### 4.4. Расчет пружины растяжения

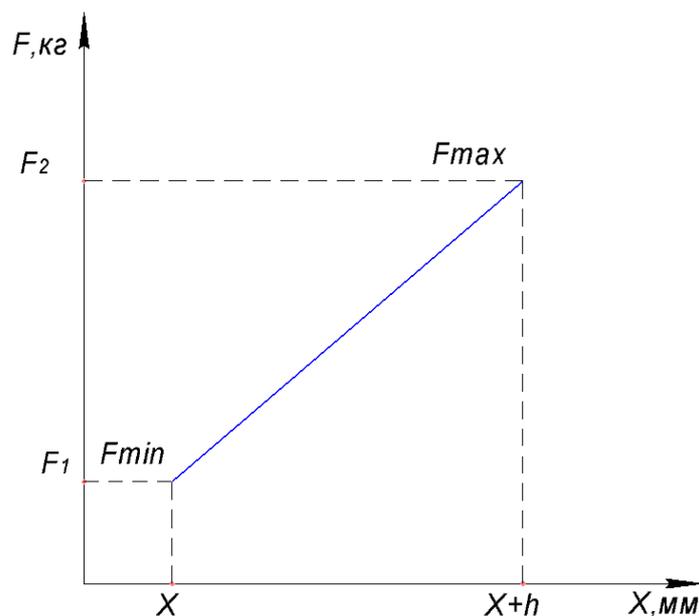


Рис. 24. Зависимость силы пружины от деформации.  $F_1$  – начальное (минимальное) усилие пружины,  $F_2$  – конечное (максимальное) усилие пружины,  $X$  – начальное растяжение пружины,  $h$  – ход пружины.

Из рисунка 24 изображено начальное усилие пружины  $F_{\min} = F_1 = 50$  кг и максимально возможное –  $F_{\max} = F_2 = 100$  кг. Начальное растяжение  $X$  и максимально возможное отличны на ход пневмоцилиндра  $h = 80$  мм.

$$\Delta F = k \cdot \Delta x,$$

где  $\Delta F$  – изменение нагрузки,

$k$  – коэффициент жёсткости пружины,

$\Delta x$  – разница между минимальным и максимальным натяжением пружины.

Зная изменения между максимальным и минимальным усилием и ход пневмоцилиндра, необходимо найти коэффициент жёсткости пружины:

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{500}{80} = 6.25 \text{ Н/мм.}$$

Вычислив коэффициент жесткости пружины, рассчитаем начальное растяжение пружины:

$$x = \frac{500}{6,25} = 80 \text{ мм.}$$

Принимаем  $D_1 = 24,00$  мм,  $d = 4,0$  мм.

Параметры пружины принимаем равными значениям в таблице

Таблица 7. Параметры пружины

Параметр	Величина
Усилие минимальное $F_{\min}$ , Н	500,00
Усилие максимальное $F_{\max}$ , Н	1000,00
Минимальное растяжение $X_{\min}$ , мм	80,00
Максимальное растяжение $X_{\max}$ , мм	160,00
Диаметр проволоки $d$ , мм	4,00
Наружный диаметр пружины $D_1$ , мм	24,00
Материал	65Г

Обозначение: Пружина растяжения 1-2-4 65Г ТУ 3-1002-77 ГОСТ Р 50753-95.

#### 4.5. Расчет пневмоцилиндра

Задачей пневмоцилиндра является разжим роликов, центрующих заготовку. Рабочее усилие пневмоцилиндра принять равной  $F_1 = k \cdot F$ ,

где  $k$  – коэффициент запаса, равный  $k = 1,5$

$F$  – усилие пружины, равное  $F = 1000\text{Н}$ .

Рабочее давление принимаем равным  $P = 5 \text{ бар} = 5 \text{ Мпа}$ .

Необходимо вычислить диаметр поршня.

Зная, что

$$P = \frac{F_1}{S}$$

где  $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

Следовательно

$$P = \frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot d^2}$$

Откуда следует, что диаметр поршня равен:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot P}}$$

Подставляя значения имеем:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1500}{\pi \cdot 500000}} = 61 \text{ мм}$$

Согласно рисунку, выбираем стандартные значения усилия и диаметр поршня.

Диаметр поршня, мм	Давление воздуха, Бар							
	3	4	5	6	7	8	9	10
ø6	8	11	13,5	16,5	19	22	24,5	27,5
ø8	14,5	19,5	24,5	29,5	34	39	44	49
ø10	23	30,5	38	46	53,5	61,5	69	76,5
ø12	33	44	55	66	77	88	99	110
ø16	59	78	98	118	137	157	177	197
ø20	92	123	153	184	215	246	277	307
ø25	144	192	240	288	336	384	433	481
ø32	236	315	394	472	551	630	709	788
ø40	369	492	615	739	862	985	1108	1231
ø50	577	769	962	1154	1347	1539	1732	1924
ø63	916	1222	1527	1833	2138	2444	2749	3055
ø80	1478	1970	2463	2956	3448	3941	4434	4926
ø100	2309	3079	3849	4618	5388	6158	6928	7698
ø125	3608	4811	6014	7217	8419	9622	10825	12028
ø160	5912	7882	9853	11824	13795	15765	17736	19707
ø200	9237	12317	15396	18475	21555	24634	27713	30792
ø250	14434	19245	24056	28868	33679	38491	43302	48113

- Значение усилий указано в Ньютонах
- Практическое усилие на штоке пневмоцилиндра на 10...15% меньше теоретической величины.

Рис.25. Стандартные значения усилия и диаметр поршня

Усилие  $F_1$  принять равным  $F_1 = 127 \text{ Н}$ , диаметр поршня  $d = 63 \text{ мм}$ .

Условное обозначение цилиндров должно строиться по следующей структуре:

Пневмоцилиндр 1234-5х6-7 8

1 – исполнение по способу торможения;

2 – исполнение по виду крепления;

3 – исполнение по выполнению конца штока;

4 – исполнение по присоединительной резьбе для подвода воздуха;

5 – диаметр цилиндра;

6 – ход поршня;

7 – вид климатического исполнения;

8 – обозначение ГОСТ.

Выбранный пневмоцилиндр имеет следующее условное обозначение:

Пневмоцилиндр 1221-63х80-УХ4 ЛГОСТ15608-81.

Цилиндр без торможения с креплением на переднем фланце, с внутренней резьбой на конце штока с метрической присоединительной резьбой для подвода воздуха, диаметром  $D = 63$  мм и ходом поршня  $=80$  мм, в климатическом исполнении УХЛ4.

В 3D-модели использован пневмоцилиндр компании FESTO ADN-63-80-I-P-A.

#### 4.6. 3D–модель узла поджима/разжима заготовки

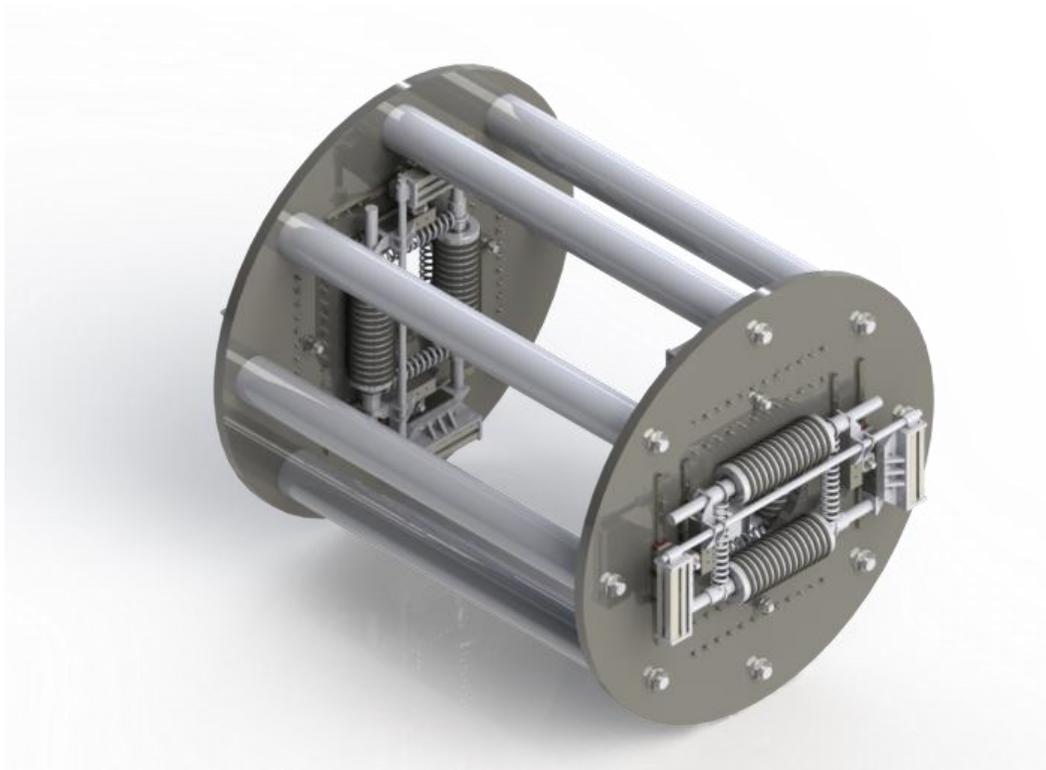


Рис. 25. 3D–модель узла поджима/разжима заготовки

На рисунке 24 представлена 3D-модель спроектированного узла поджима/разжима заготовки. Видно, что расположение деталей в устройстве соответствует принципиальной схеме устройства.

Капсула зажима заготовки представляет собой рамную конструкцию из двух фланцев, соединенных между собой трубами. Для увеличения прочности конструкции сквозь трубы направлена шпилька. На фланцы с помощью направляющих и кареток крепится механизм поджима заготовки. Данный механизм состоит из роликов, которые поджимают заготовку. За счет усилия пневмоцилиндра рейка, прикрепленная к каретке, разъезжается и увеличивает пространство для обрабатываемой заготовки. За счет шестерни, соединяющей две рейки между собой, ролики одновременно и с равной скоростью разъезжаются вверх и вниз (влево и вправо). В случае незапланированного отключения электроэнергии, заготовка не изменит своего положения за счет пружин, стягивающих оси поджимных роликов.

3D-модель включает в себя не только ключевые детали (ролик, пружины растяжения, пневмоцилиндр) но и крепёжные элементы.

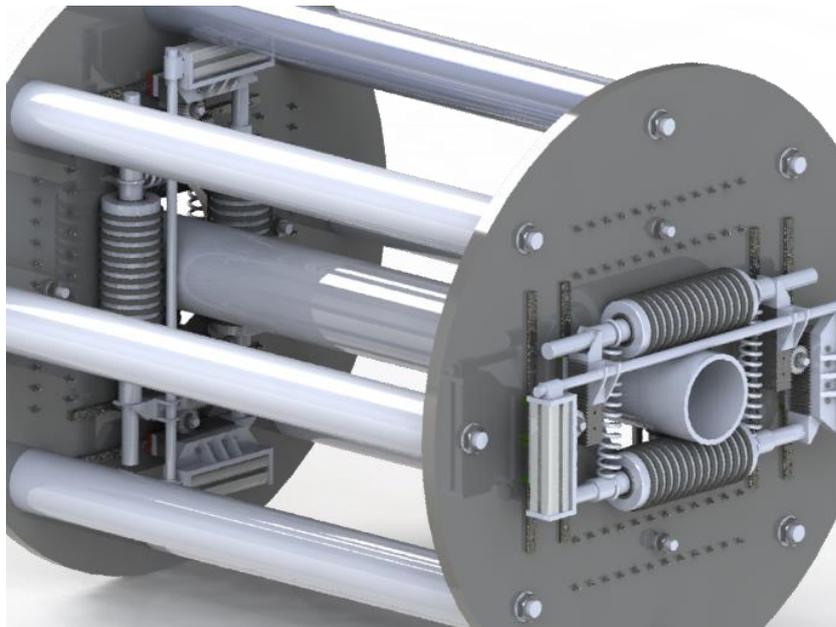


Рис. 26. Поджим заготовки (труба круглая)

На рисунке 26 представлена симуляция поджима заготовки – трубы круглого профиля диаметра 90 мм. Также можно увидеть какое положение занимают пневмоцилиндры. По расчетам, аналогичным тем, что приведены в пункте 4.4. Расчет пружины растяжения настоящей конструкторской записки, можно утверждать, что в момент, приведенный на рисунке, пружины испытывают растяжение в 562,5 Н.

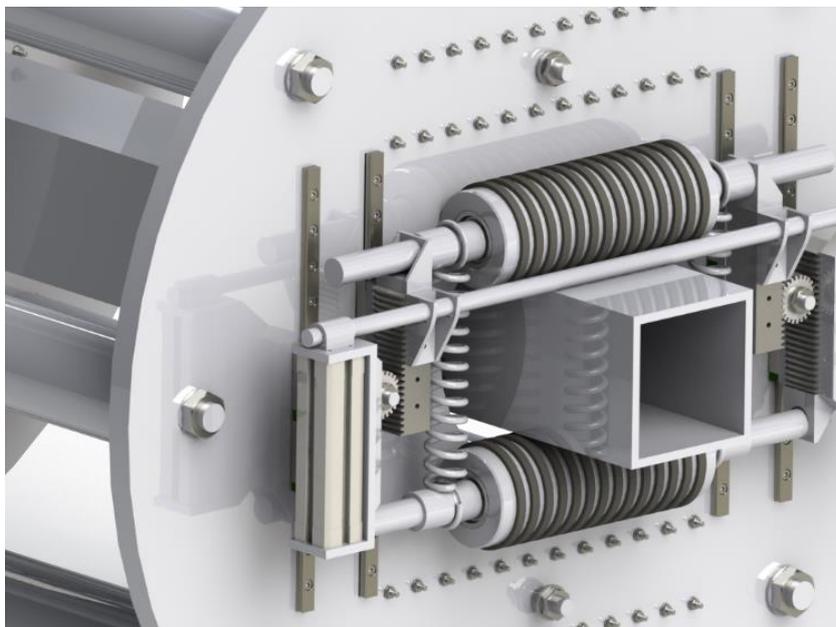


Рис. 27. Поджим заготовки (труба квадратная)

Рисунок 27 отображает симуляцию поджима трубы квадратного сечения с размерами 80x80 мм. Видно, что труба свободно проходит сквозь отверстие во

фланце и поджимается роликами, за счет усилия пневмоцилиндра. При этом сама заготовка не царапается, потому что по всему поджимному ролику расположены резиновые прокладки, которые выполняют сразу две функции. Во-первых, они не дают трубе проскальзывать, а во-вторых, пожим труб не вредит их внешнему виду.

Основным элементом конструкторского решения, способствующего увеличению точности поджима заготовки, а вследствие, увеличению точности выполняемого реза, является сочетание трех элементов. Первый элемент – это пожимные ролики, которые находятся с двух сторон фланца и расположены таким образом, то поджим заготовок разной формы возможен и осуществляется с одинаковой точностью.

Во-вторых, пневмоцилиндры, передающие усилие на ролики, прикреплены к рейкам, которые разъезжаются в разные стороны относительно общей оси симметрии за счет соединяющей их шестерни.

В-третьих, пружины стягивают оси роликов между собой, тем самым поджимая заготовку. Работа пружин не зависит от электропитания, что дает устройству преимущество в случае перепадов электроэнергии.

#### **4.7. Результаты проектирования**

Результатом выполненной конструкторской работы являются сборочный чертеж узла поджима/разжима заготовки и спецификация на данный узел. Сборочный чертеж приложен к пояснительной записки в формате приложения [прил. Д]. Спецификация внесена в формате приложения [прил. Ж].

### **5. Технологическая часть**

#### **5.1. Техническое задание**

Необходимо разработать технологический процесс изготовления детали «Ролик» (Рисунок 1) для мелкосерийного производства.

Деталь «Ролик» (Рисунок 28) служит для передачи вращения от двигателя на обрабатываемую заготовку, в данном случае заготовкой является труба полая с габаритными размерами.

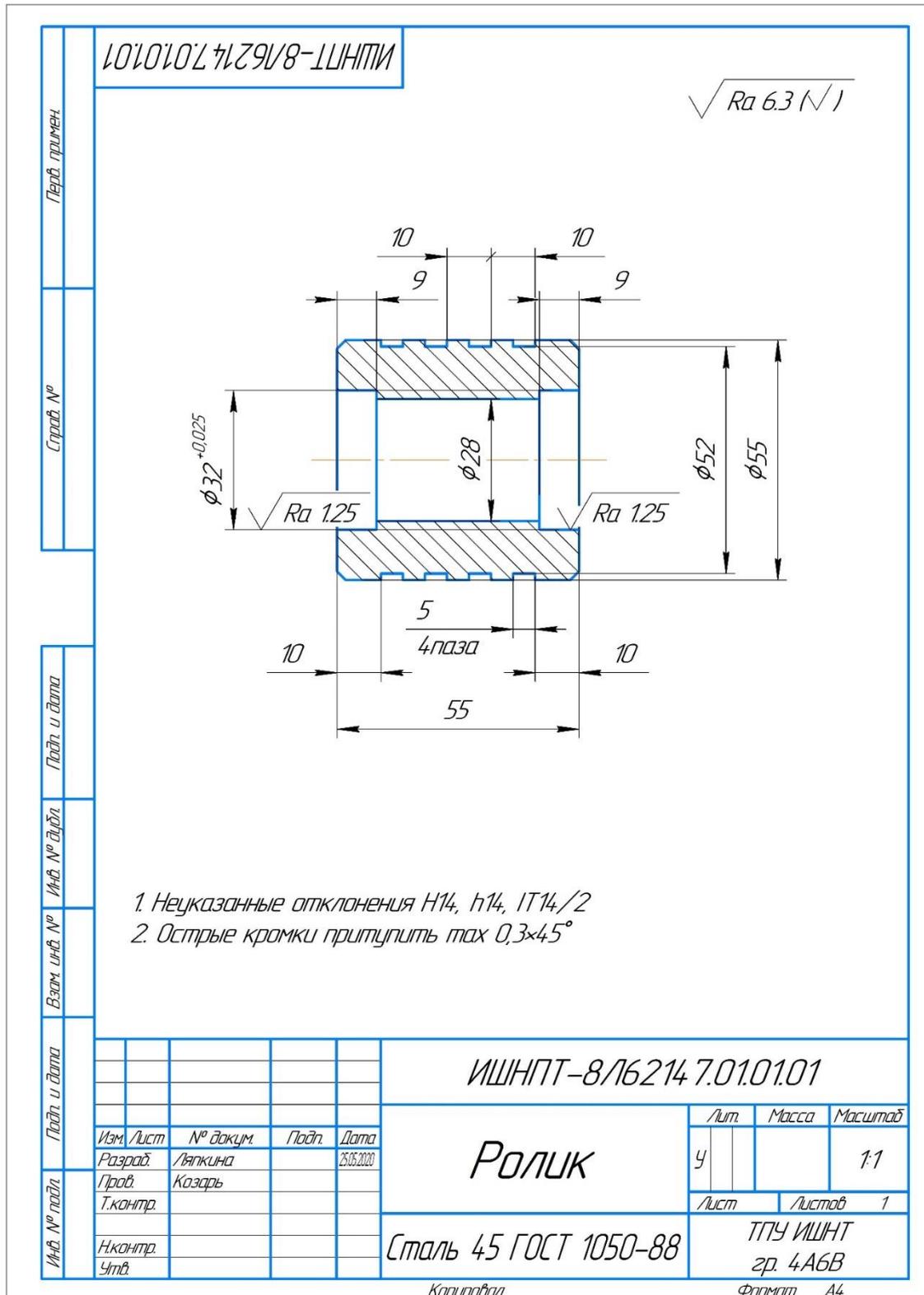


Рис. 28. Чертеж «Ролик»

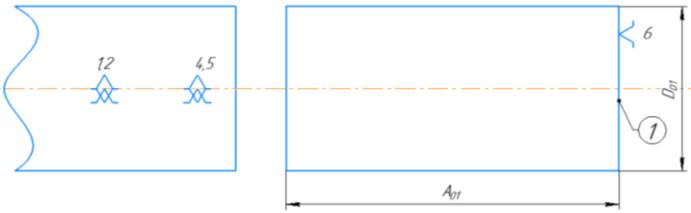
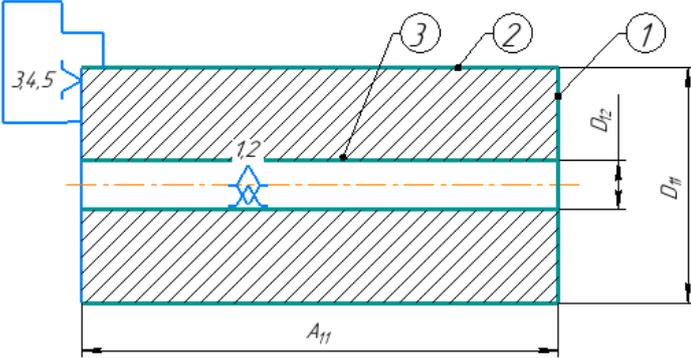
## 5.2. Проектирование технологического процесса

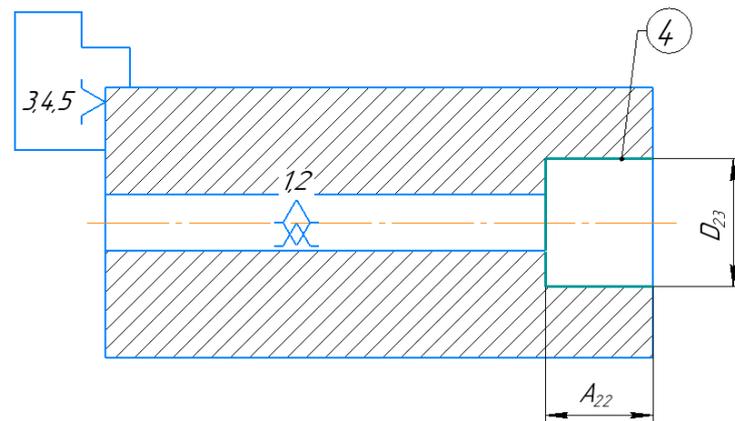
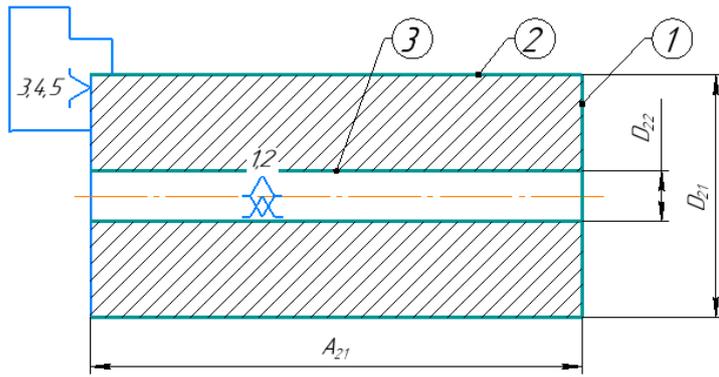
При разработке технологического процесса основная задача специалиста заключается в том, чтобы найти оптимальный вариант перехода от заготовки к готовой детали требуемого качества при ее наименьшей себестоимости.

На разработку технологического процесса существенно влияет технологичность детали. Необходимо обеспечить не только эксплуатационные требования, но и требования к экономичности изготовления. Показателями технологичности детали является трудоемкость, себестоимость, материалоемкость и энергоемкость.

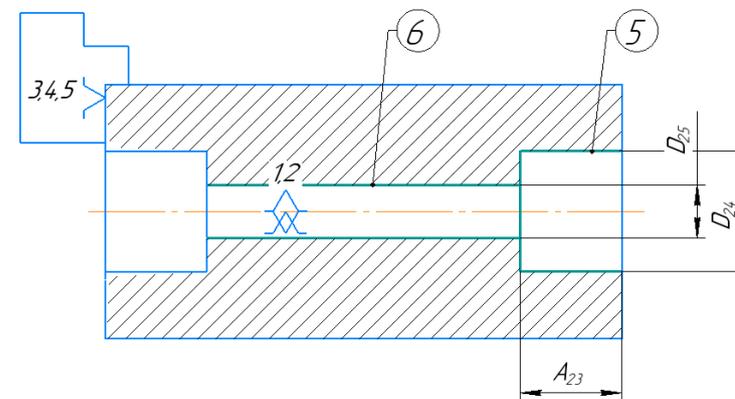
Чтобы разработать технологический процесс изготовления детали, необходимо подобрать заготовку, составить в правильной последовательности маршрут обработки и рассчитать припуски.

Таблица 8. Технологический процесс

005	Заготовительная	
		1. Отрезать заготовку от проката, выдержав размер $A_{01}$ .
010	Токарная	
		<p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подрезать торец 1 в размер <math>A_{11}</math> начерно.</li> <li>2. Точить поверхность 2 в размер <math>D_{11}</math> начерно.</li> <li>3. Сверлить поверхность 3 в размер <math>D_{12}</math> начерно.</li> </ol> <p>Установ Б</p>



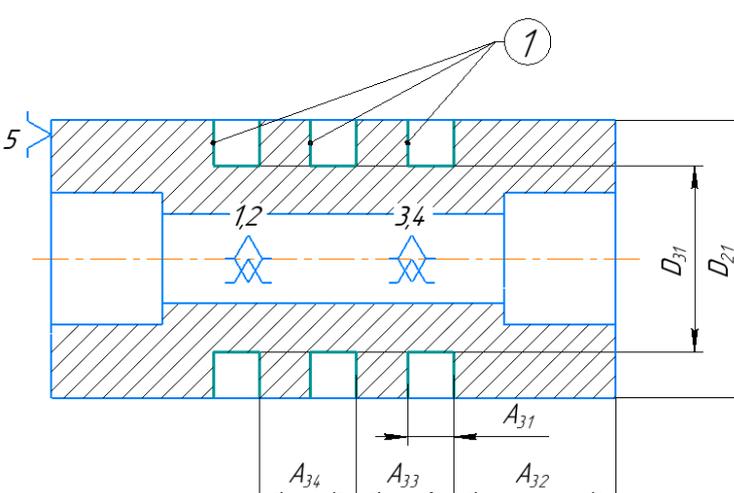
Установ А



Установ А

1. Подрезать торец 1 в размер  $A_{21}$  начерно.
2. Точить поверхность 2 в размер  $D_{21}$  начисто.
3. Сверлить поверхность 3, в размер  $D_{22}$  начерно.
4. Расточить поверхность 4 на глубину  $A_{22}$ , выдерживая размер  $D_{23}$  начерно, начисто.
5. Острые кромки притупить.

1. Расточить поверхность 5 на глубину  $A_{23}$ , выдерживая размер  $D_{24}$  начерно, начисто.
2. Расточит поверхность 6 начисто, выдерживая размер  $D_{25}$ .
3. Острые кромки притупить.

015	Токарная	
	<p style="text-align: center;">Установ А</p> 	<p style="text-align: center;">Установ А</p> <p>1. Закрепить деталь на разжимной оправке, точить канавки 1, выдерживая размеры <math>D_{31}</math>, <math>A_{31}</math>, <math>A_{32}</math>, <math>A_{33}=A_{34}</math> начерно, начисто.</p> <p>2. Острые кромки притупить.</p>
020	Проверочная	
	<p>Контролировать размеры <math>D_{23}</math> и <math>D_{24}</math> нутромером и <math>A_{22}</math> и <math>A_{23}</math> штангенглубиномером. Остальные размеры неответственные – контролировать внешний вид и наличие элементов.</p>	

### 5.3. Анализ технологичности детали

Необходимо провести оценку технологичности детали. Она проводится по 4 критериям технологичности, среди которых:

1. Технологичность заготовки;
2. Технологичность конфигурации детали;
3. Технологичность базирования и закрепления;
4. Технологичность обрабатываемых поверхностей.

Произведена оценка технологичности детали «Ролик» (Рис.1).

Заготовкой для детали «Ролик» выбран стальной круглый прокат с формой максимально приближенной к форме готовой детали, это необходимо, чтобы уменьшить себестоимость обработки. Материалом заготовки выбрана Сталь 45. Данный материал можно обработать резанием, следовательно, возможна обработка

на токарном станке. Заданная конфигурация детали «Ролик» выполнена в виде цилиндра. Цилиндрическая поверхность легко обрабатывается резанием. Внутри цилиндра имеются отверстия под подшипники, значение шероховатости на участках отверстий составляет  $Ra\ 1,25$ .

Данная деталь имеет опорную поверхность для установки в приспособление. Маршрут обработки в данном случае основан на принципе совпадения технологической базы с измерительной базой для получения минимальной погрешности при установке.

В связи с малым значением шероховатости ( $Ra\ 1,25$ ) некоторых поверхностей, а также высоким классом точности некоторых размеров увеличивается себестоимость обработки детали, также увеличивается количество чистовых операций.

Таким образом, изготавливаемая деталь считается не технологичной по показателям обрабатываемых поверхностей. По остальным показателям деталь отвечает требованиям технологичности.

#### **5.4. Расчет припусков и диаметральных технологических размеров**

В данном разделе произведен расчет методом максимума – минимума с использованием способа средних значений. Для того, чтобы произвести расчет составлены размерные схемы технологических маршрутов обработки поверхностей вращения.

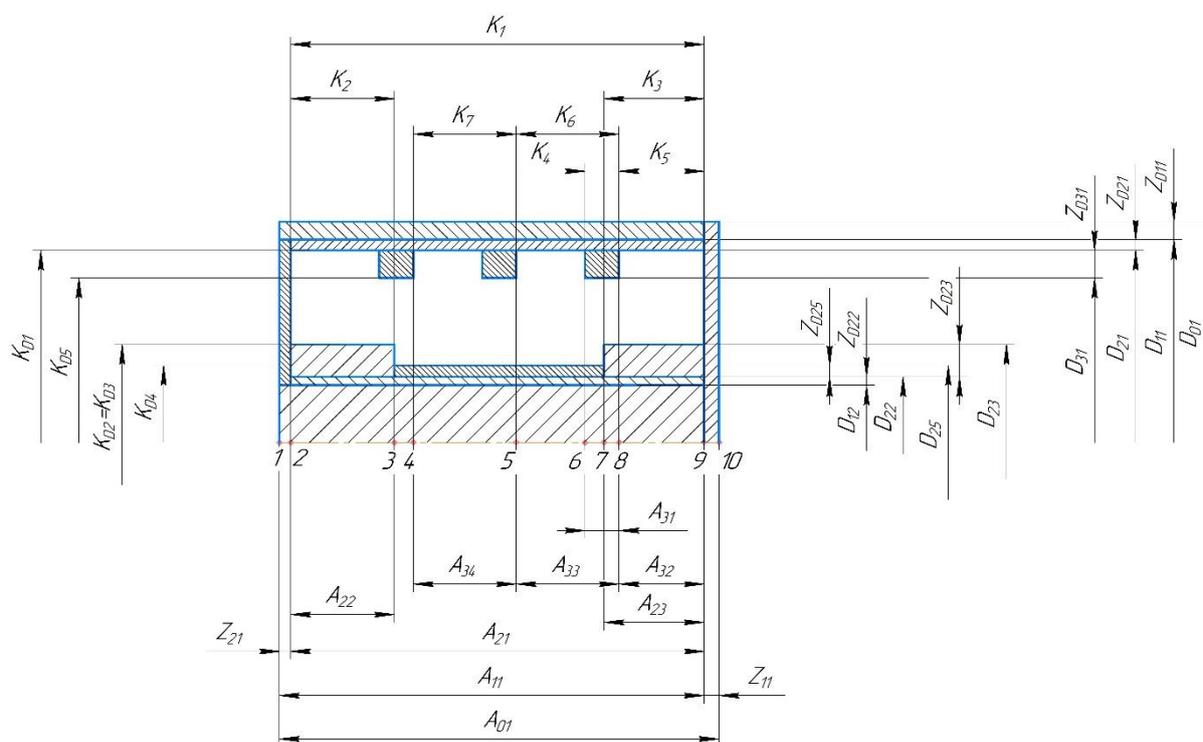


Рис. 29. Размерная схема

#### 5.4.1. Определение допусков на технологические диаметральные размеры

Допуски на диаметральные размеры можно принять равными статистической погрешности  $\omega_{ci}$  [16, прил.1].

Определим допуск на диаметральные размеры:

1.  $TD_{01} = 0,3 \text{ мм}$
2.  $TD_{11} = 0,3 \text{ мм}$
3.  $TD_{12} = 0,15 \text{ мм}$
4.  $TD_{21} = 0,12 \text{ мм}$
5.  $TD_{22} = 0,12 \text{ мм}$
6.  $TD_{23} = 0,02 \text{ мм}$
7.  $TD_{24} = 0,02 \text{ мм}$
8.  $TD_{25} = 0,08 \text{ мм}$
9.  $TD_{31} = 0,08 + 0,04 = 0,12 \text{ мм}$

### 5.4.2. Определение минимальных припусков на обработку поверхностей вращения.

Формула для определения минимального припуска на обработку поверхности вращения имеет следующий вид:

$$z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}),$$

где

$Rz$  – шероховатость поверхности, мкм

$h$  – величина дефектного слоя поверхности, мкм

$\rho$  – точность геометрической формы, мкм

$\varepsilon$  – погрешность закрепления заготовки, мкм

Запишем величины  $z_{i \min}$  в таблицу для всех диаметральных припусков:

Таблица 9. Значения диаметральных припусков

	$Rz_{i-1}$ , мкм	$h_{i-1}$ , мкм	$\rho_{i-1}$ , мкм	$\varepsilon_{yi}$ , мкм	$z_{Di \min}$ , мм
$z_{D11 \min}$	100	80	30	420	1,2
$z_{D12 \min}$	90	60	20	270	0,9
$z_{D21 \min}$	15	20	8	100	0,3
$z_{D22 \min}$	10	15	1	80	0,24
$z_{D23 \min}$	10	15	1	30	0,1
$z_{D24 \min}$	10	15	1	30	0,1
$z_{D24 \min}$	10	15	1	30	0,1
$z_{D31 \min}$	15	20	20	50	0,2

### 5.4.3. Расчет диаметра проката

Для определения диаметра проката  $D_{00}$  необходимо рассмотреть технологическую цепь, которая содержит этот размер.

В этой цепи известно: полностью составляющее звено  $D_{21}$  ( $D_{21} = K_{D1} = 55_{-0,12}$ ), допуск составляющего звено  $D_{01}$  и минимальное значение замыкающего звена – припуска  $z_{D21 \min}$ .

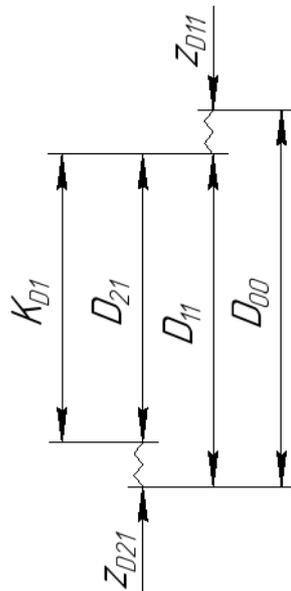


Рис. 30. Размерная схема для определения диаметра проката

Решение:

- 1) Рассмотрим цепь  $D_{21}, D_{11}, z_{D21}$  (Рисунок 30)

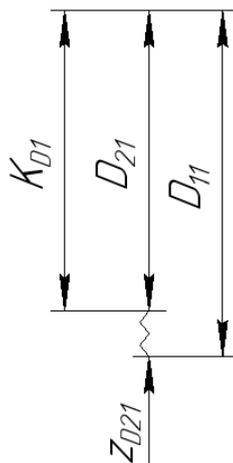


Рис. 31. Первая часть размерной схемы для определения диаметра проката

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{21} = K_{D1} = 55_{-0,12}$  и минимальное значение припуска  $z_{D21min} = 0,3$  мм.

- 1) Определим среднее значение  $D_{101}$ :

$$D_{21}^c = D_{21} + \frac{HOD_{21} + BOD_{21}}{2} = 55 + \frac{-0,12 + 0}{2} = 54,94 \text{ мм.}$$

- 2) Находим среднее значение  $z_{D21}$ :

$$z_{D21}^c = z_{D21min} + \frac{TD_{21} + TD_{11}}{2} = 0,3 + \frac{0,12 + 0,3}{2} = 0,51 \text{ мм.}$$

- 3) Определим среднее значение звена  $D_{11}$ :

$$D_{11}^c = D_{21}^c - z_{D21}^c = 54,94 + 0,51 = 54,45 \text{ мм.}$$

Следовательно:  $D_{11} = 54,45 \pm 0,15 \text{ мм.}$

Необходимо учесть, что для размеров типа вал, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наибольший предельный размер, запишем:  $D_{11\phi} = 55,6_{-0,3} \text{ мм.}$

4) Определим фактическое значение припуска  $z_{D101}$ :

$$z_{D21} = D_{11\phi} - D_{21} = 55,6_{-0,3} - 55_{-0,12} = 0,6_{-0,3}^{+0,12} \text{ мм.}$$

Решение:

1) Рассмотрим цепь  $D_{11}, D_{00}, z_{D11}$  (Рис.28)

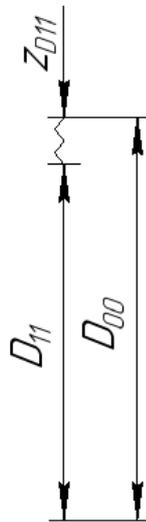


Рис. 32. Вторая часть размерной схемы для определения диаметра проката

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{11} = 55,6_{-0,3}$  и минимальное значение припуска  $z_{D11min} = 1,2 \text{ мм.}$

2) Находим среднее значение  $z_{D11}$ :

$$z_{D11}^c = z_{D11min} + \frac{TD_{11} + TD_{00}}{2} = 1,2 + \frac{0,3 + 0,3}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

3) Определим среднее значение звена  $D_{00}$ :

$$D_{00}^c = D_{11}^c + z_{D11}^c = 55,45 + 1,5 = 56,95 \text{ мм.}$$

Следовательно:  $D_{00\phi} = 56,95 \pm 0,15 \text{ мм.}$

Необходимо учесть, что для размеров типа вал, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наибольший предельный размер, запишем:  $D_{00\phi} = 57,1_{-0,3} \text{ мм.}$

4) Определим фактическое значение припуска  $z_{D_{11\phi}}$ :

$$z_{D_{11\phi}} = D_{00\phi} - D_{11} = 57,1_{-0,3} - 55,6_{-0,3} = 1,5 \pm 0,3 \text{ мм.}$$

#### 5.4.4. Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\varnothing 28^{+0,08} \text{ мм}$

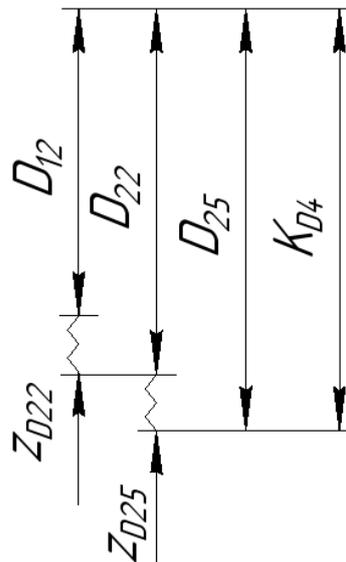


Рис. 33. Размерная схема для определения внутреннего диаметального размера  $\varnothing 28^{+0,08} \text{ мм}$ .

Решение:

1) Рассмотрим цепь  $D_{22}, D_{25}, z_{D_{25}}$  (Рис.30)

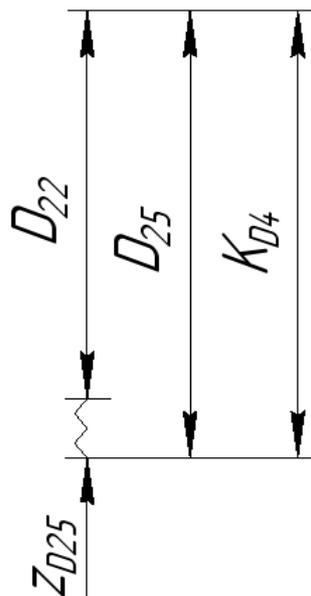


Рис. 34. Первая часть размерной схемы для определения отверстия  $\varnothing 28^{+0,08} \text{ мм}$ .

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{25} = K_{D4} = 28^{+0,08}$  и минимальное значение припуска  $z_{D25min} = 0,1$  мм.

2) Определим среднее значение  $D_{25}$ :

$$D_{25}^c = D_{25} + \frac{HOD_{25} + BOD_{25}}{2} = 28 + \frac{0 + 0,1}{2} = 28,05 \text{ мм.}$$

3) Находим среднее значение  $z_{D25}$ :

$$z_{D25}^c = z_{D25min} + \frac{TD_{25} + TD_{22}}{2} = 0,1 + \frac{0,08 + 0,12}{2} = 0,2 \text{ мм.}$$

4) Определим среднее значение звена  $D_{22}$ :

$$D_{22}^c = D_{25}^c - z_{D25}^c = 28,05 - 0,2 = 27,85 \text{ мм.}$$

Следовательно:  $D_{22} = 28,05 \pm 0,1$ .

Необходимо учесть, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:  $D_{22\phi} = 27,85^{+0,2}$  мм. Так как отверстие  $\phi D_{22}$  будет выполнено сверлом согласно ГОСТ 10903-77, то принимаем  $D_{22} = 27,5^{+0,2}$  мм

5) Определим фактическое значение припуска  $z_{D24}$ :

$$z_{D25\phi} = D_{25} - D_{22\phi} = 28^{+0,08} - 27,5^{+0,2} = 0,5_{-0,2}^{+0,08} \text{ мм}$$

Решение:

1) Рассмотрим цепь  $D_{22}, D_{25}, z_{D25}$  (Рис.31)

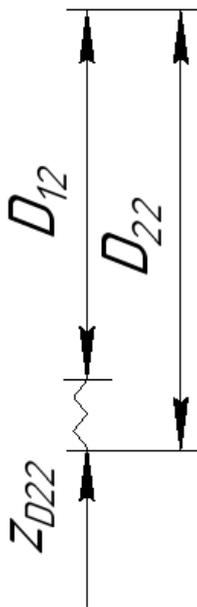


Рис. 35. Вторая часть размерной схемы для определения отверстия  $\phi 28^{+0,08}$  мм.

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{22} = 27,5^{+0,2}$  и минимальное значение припуска  $z_{D_{22}min} = 0,24$  мм.

Так как отверстие  $\varnothing D_{12}$  будет выполнено сверлом согласно ГОСТ 10903-77, то принимаем  $D_{12} = 16^{+0,15}$  мм

2) Определим фактическое значение припуска  $z_{D_{24}}$ :

$$z_{D_{12}\phi} = D_{22} - D_{12\phi} = 27,5^{+0,2} - 16^{+0,15} = 11,5^{+0,2}_{-0,15} \text{ мм}$$

#### 5.4.5. Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\varnothing 32^{+0,02}$ мм

Учитывая, что выполняются следующие равенства  $D_{23} = D_{24}$ ,  $z_{D_{23}} = z_{D_{43}}$  то  $K_{D2} = K_{D3}$ .

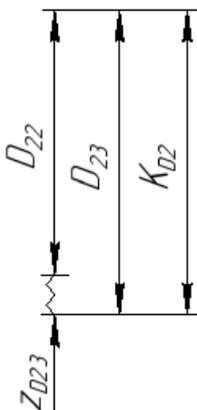


Рис. 36. Размерная схема для определения внутренних размеров при  $\varnothing 32^{+0,02}$  мм.

Решение:

1) Рассмотрим цепь  $D_{23}$ ,  $D_{22}$ ,  $z_{D_{23}}$  (Рисунок 36)

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{23} = K_{D2} = 32^{+0,02}$  мм,  $D_{22} = 27,5^{+0,2}$  и минимальное значение припуска  $z_{D_{22}min} = 0,1$  мм.

1) Определим фактическое значение припуска  $z_{D_{23}\phi}$ :

$$z_{D_{23}\phi} = D_{23} - D_{22} = 32^{+0,02} - 27,5^{+0,2} = 4,5^{+0,02}_{-0,2} \text{ мм.}$$

Рассчитанный припуск  $z_{D_{23}\phi} = 4,5^{+0,02}_{-0,2}$  мм включает в себя припуски с двух операций: черновой (припуск  $z_{D_{23}черн} = 4^{+0,02}_{-0,1}$ ) и чистовой (припуск  $z_{D_{23}чист} = 0,5^{+0,02}_{-0,1}$ ).

#### 5.4.6. Расчет технологических размеров при обработке вала Ø52 мм

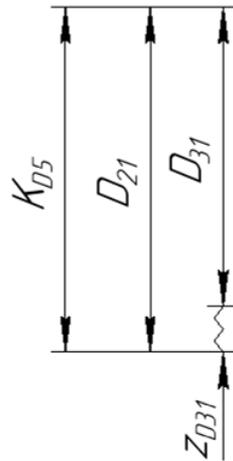


Рис.37. Размерная схема для определения размеров при Ø52 мм.

Решение:

1) Рассмотрим цепь  $D_{21}, D_{31}, z_{D31}$  (Рисунок 37)

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{31} = K_{D5} = 52_{-0,42}$  и  $D_{21} = K_{D1} = 55_{-0,12}$ . Определим фактическое значение припуска  $z_{D31}$ :

$$z_{D31} = D_{21} - D_{31} = 55_{-0,12} - 52_{-0,42} = 3_{-0,12}^{+0,42} \text{ мм.}$$

#### 5.5. Расчет припусков и продольных технологических размеров

Допуски на продольные размеры в общем случае могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_{и} + \varepsilon_{б},$$

где

$\omega_{ci}$  – статистическая погрешность, мкм [16, с.80, прил.1].

$\rho_{и}$  – отклонения измерительной базы, мкм [16, с.87, прил.2].

$\varepsilon_{б}$  – погрешность базирования, мкм [16, с.88, прил.3].

Запишем значения  $TA_i$  в таблицу для всех линейных технологических размеров и проведем расчет допусков:

Таблица 10. Расчет допусков продольных технологических размеров

	$\omega_{ic}$ , мм	$\rho_{и}$ , мкм	$\varepsilon_{б}$ , мкм	$TA_i$ , мм
$TA_{00}$	0,3	20	100	0,42
$TA_{11}$	0,3	-	100	0,4

$TA_{12}$	0,12	-	-	0,12
$TA_{21}$	0,15	-	-	0,15
$TA_{22}$	0,25	-	-	0,25
$TA_{23}$	0,25	-	-	0,25
$TA_{24}$	0,1	-	-	0,1
$TA_{31}$	0,12	-	-	0,12
$TA_{32}$	0,12	-	-	0,12
$TA_{33}$	0,12	-	-	0,12
$TA_{34}$	0,12	-	-	0,12

$$TA_{22} = TA_{23} = 0,15 + 0,10 = 0,25 \text{ мм}$$

Оставшиеся значения  $TA_i$  будут соответственно равны значениям  $\omega_{ic}$ .

### 5.5.1. Определение минимальных припусков на обработку плоскостей

Формула для определения минимального припуска на обработку плоскости имеет следующий вид:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1},$$

где

$Rz$  – шероховатость поверхности, мкм [16, с.87, прил.2];

$h$  - величина дефектного слоя поверхности, мкм [16, с.87, прил.2];

$\rho$  – точность геометрической формы, мкм [16, с.87, прил.3]

Запишем величины  $z_{i \min}$  в таблицу 10 для всех продольных припусков и рассчитаем величину минимальных припусков:

Таблица 11. Расчет минимальных припусков на продольные технологические размеры

	$Rz_{i-1}$ , мкм	$h_{i-1}$ , мкм	$\rho_{i-1}$ , мкм	$z_{i \min}$ , мм
$z_{11 \min}$	100	80	40	0,220
$z_{21 \min}$	100	80	15	0,195

$$z_{11 \min} = 100 + 80 + 40 = 220 \text{ мкм}$$

$$z_{21 \min} = 100 + 80 + 15 = 195 \text{ мкм}$$

### 5.5.2. Расчет продольных технологических размеров

Перед началом расчета технологических размеров необходимо проанализировать технологические размерные цепи, замыкающими звеньями которых являются непосредственно не выдерживаемые конструкторские размеры и проверить возможность их обеспечения с требуемой точностью.

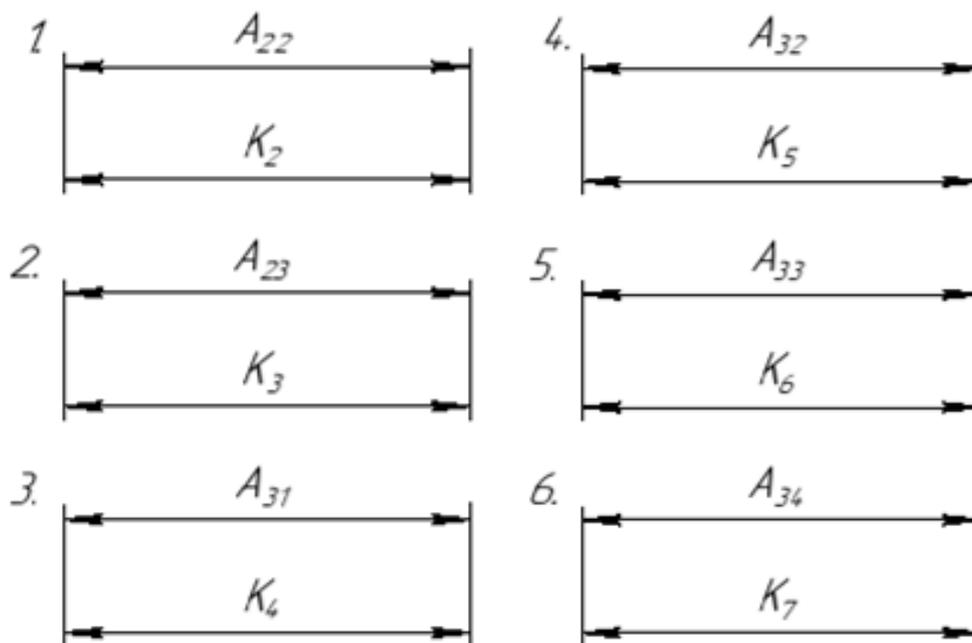


Рис.38. Размерные цепи продольных технологических размеров с конструкторскими размерами.

Для размерной цепи 1:

$$TK_2 = 0,36 \geq 0,25 = TA_{22};$$

Для размерной цепи 2:

$$TK_3 = 0,36 \geq 0,25 = TA_{23};$$

Для размерной цепи 3:

$$TK_4 = 0,30 \geq 0,12 = TA_{31};$$

Для размерной цепи 4:

$$TK_5 = 0,43 \geq 0,12 = TA_{32};$$

Для размерной цепи 5:

$$TK_6 = 0,36 \geq 0,12 = TA_{33};$$

Для размерной цепи 6:

$$TK_7 = 0,36 \geq 0,12 = TA_{34};$$

Убеждаемся, что спроектированный технологический процесс будет обеспечивать требуемую точность всех конструкторских размеров.

Рассмотрим двухзвенные цепи с конструкторскими размерами, а именно: №1 – №6.

$$1. A_{22} = K_2 = 9^{+0,36} \text{ мм}$$

$$2. A_{23} = K_3 = 9^{+0,36} \text{ мм}$$

$$3. A_{31} = K_4 = 5^{+0,3} \text{ мм}$$

$$4. A_{32} = K_5 = 15 \pm 0,21 \text{ мм}$$

$$5. A_{33} = K_6 = 10 \pm 0,18 \text{ мм}$$

$$6. A_{34} = K_7 = 10 \pm 0,18 \text{ мм}$$

Рассмотрим цепь с припусками.

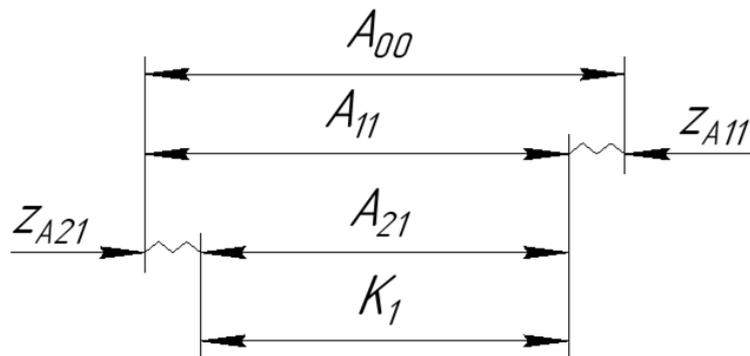


Рис.39. Размерная цепь продольных технологических размеров с припусками.

7. Рассмотрим первую часть цепи (Рисунок 39) и найдем размер  $A_{11}$ :

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{11}^c = A_{21}^c + z_{21}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{21}^c$ :

$$z_{21}^c = z_{21 \min} + \frac{TA_{21} + TA_{11}}{2} = 0,195 + \frac{0,4 + 0,15}{2} = 0,47 \text{ мм}$$

$$A_{11}^c = 55 + 0,47 = 55,47 \text{ мм}$$

Окончательно запишем:  $A_{11} = 55,47 \pm 0,4 \text{ мм}$ .

Посчитаем фактический припуск  $z_{21}$ :

$$z_{21} = A_{11} - A_{21} = 55,47 \pm 0,4 - 55_{-0,15} = 0,47_{-0,4}^{+0,25} \text{ мм}$$

8. Рассмотрим вторую часть цепи (Рисунок 39) и найдем размер  $A_{00}$ :

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{00}^c = A_{11}^c + z_{11}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{11}^c$ :

$$z_{11}^c = z_{11 \min} + \frac{TA_{00} + TA_{11}}{2} = 0,22 + \frac{0,42 + 0,40}{2} = 0,63 \text{ мм}$$

$$A_{00}^c = 55,47 + 0,63 = 56,1 \text{ мм}$$

Окончательно запишем:  $A_{00} = 56,1 \pm 0,42 \text{ мм}$ .

Посчитаем фактический припуск  $z_{11}$ :

$$z_{11} = A_{00} - A_{11} = 56,1 \pm 0,42 - 55,47 \pm 0,4 = 0,63 \pm 0,82 \text{ мм}$$

Таблица 12. Значения линейных технологических размеров

Обозначение технологического размера	Принятое номинальное значение и предельные отклонения технологического размера, мм.
$A_{00}$	$56,1 \pm 0,41$
$A_{11}$	$55,47 \pm 0,40$
$A_{21}$	$55_{-0,15}$
$A_{22}$	$9^{+0,36}$
$A_{23}$	$9^{+0,36}$
$A_{31}$	$5^{+0,30}$
$A_{32}$	$15 \pm 0,21$
$A_{33}$	$10 \pm 0,18$
$A_{34}$	$10 \pm 0,18$

### 5.6. Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания

Подобрать инструмент и рассчитать режимы резания необходимо для внутренних отверстий под подшипники детали «Ролик»  $\varnothing 32^{+0,06}$  мм для которой был произведен расчет припусков.

### 5.6.1. Сверление

Сверло 2301-0054 ГОСТ 10902-77 с диаметром  $\varnothing 16,00$  мм.

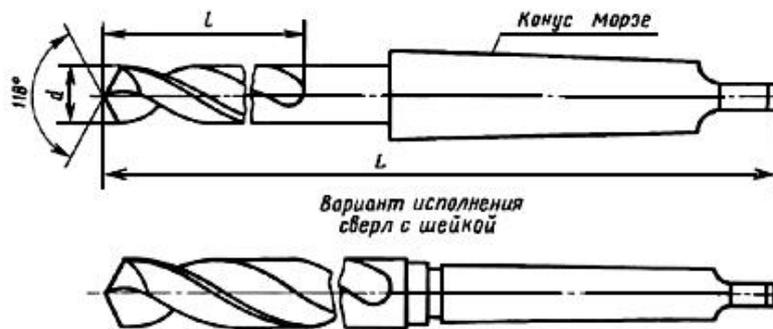


Рис. 40. Сверло 2301-0054 ГОСТ 10902-77

Таблица 12. Характеристика сверла 2301-0054 ГОСТ 10902-77

Диаметр, мм	16,00
Длина рабочей части, мм	120
Длина сверла, мм	218
Конус Морзе	2

Глубина резания:

При сверлении глубина резания:  $t = 0,5 \cdot D$ .

$$t = 0,5 \cdot 16,00 = 8.$$

Подача:

$$S = 0,3 \text{ мм/об. [17, с.277, табл. 25]}$$

1. Скорость резания рассчитывается по формуле [17, с.276]:

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

где,  $C_v$ ,  $m$ ,  $y$  – коэффициенты, приведенные в таблице 28 [17, с.278]

$$C_v = 9,8, q = 0,4, y = 0,5, m = 0,2$$

$K_v$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания. Рассчитывается по формуле [17, с.276]:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Иv} \cdot K_{tv},$$

$K_{M\vartheta}$  – коэффициент на обрабатываемый материал [17, с.262, табл.3]

$K_{И\vartheta}$  – коэффициента на инструментальный материал [17, с.276]

$K_{t\vartheta}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления [17, с.280, табл.31]

$$K_{M\vartheta} = 1$$

$$K_{И\vartheta} = 1,15$$

$$K_{t\vartheta} = 0,85$$

$T = 20$  [17, с.279, табл.30]

$$K_{\vartheta} = 1 \cdot 1,15 \cdot 0,85 = 0,98$$

$$\vartheta = \frac{9,8 \cdot 16^{0,4}}{20^{0,2} \cdot 0,22^{0,5}} \cdot 0,98 = 32.321 \text{ м/мин}$$

2. Крутящий момент, Н · м рассчитывают по формуле [17, с.277]:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

$C_M, q, y$  – коэффициенты, приведенные в [17, с.281 табл.32]

Коэффициент  $K_p$  рассчитывается по формуле [2, с.26417 табл.9]

$$C_M = 0,0345$$

$$q = 2$$

$$y = 0,8$$

$$K_p = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{640}{750}\right)^1 = 0.85$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16,00^2 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0.85 = 27.765 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3. Мощность резания:

Мощность резания рассчитывается по формуле [17, с.280]:

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750},$$

где  $n$  – частота вращения инструмента или заготовки, об/мин [17, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 32.321}{3,14 \cdot 16,00} = 653.544 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

$$N_e = \frac{27.765 \cdot 653.544}{9750} = 1,86 \text{ кВт}$$

Сверло 2301-0096 ГОСТ 10903-77 с диаметром  $\varnothing 27.50$  мм.

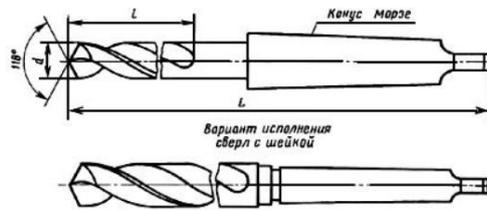


Рис. 41. Сверло 2301-0096 ГОСТ 10903-77

Таблица 13. Характеристика Сверло 2301-0096 ГОСТ 10903-77

Диаметр сверла, мм	27,50
Длина рабочей части, мм	170
Общая длина сверла	291
Конус Морзе	3

Глубина резания:

При сверлении глубина резания:  $t = 0,5 \cdot D$ .

$$t = 0,5 \cdot 27,5 = 13,75.$$

Подача:

$S = 0,5$  мм/об. [17, с.277, табл. 25]

1.Скорость резания рассчитывается по формуле [17, с.276]:

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

где,  $C_v$ ,  $m$ ,  $y$  – коэффициенты, приведенные в таблице 28 [17, с.278]

$$C_v = 9,8, q = 0,4, y = 0,5, m = 0,2$$

$K_v$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания. Рассчитывается по формуле [17, с.276]:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Иv} \cdot K_{tv},$$

$K_{Mv}$  – коэффициент на обрабатываемый материал [17, с.262, табл.3]

$K_{Иv}$  – коэффициента на инструментальный материал [17, с.263, табл. 6]

$K_{tv}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления [17, с.280, табл.31]

$$K_{Mv} = 1$$

$$K_{Иv} = 1,15$$

$$K_{tv} = 1$$

$T = 70$  [17, с.279 табл.30]

$$K_{\vartheta} = 1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,15$$

$$\vartheta = \frac{9,8 \cdot 27,5^{0,4}}{70^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 1,15 = 30,283 \text{ м/мин}$$

2. Крутящий момент, Н · м рассчитывают по формуле [17, с.277]:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

$C_M, q, y$  – коэффициенты, приведенные в [17, с.281, табл.32]

Коэффициент  $K_p$  рассчитывается по формуле [17, с.264, табл.9]

$$C_M = 0,09$$

$$q = 1$$

$$x = 0,9$$

$$y = 0,8$$

$$K_p = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{640}{750}\right)^1 = 0,85$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,09 \cdot 27,5^1 \cdot 0,5^{0,8} \cdot 0,85 = 13,84 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3. Мощность резания:

Мощность резания рассчитывается по формуле [17, с.280]:

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750},$$

где  $n$  – частота вращения инструмента или заготовки, об/мин [17, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30,283}{3,14 \cdot 27,5} = 306,167 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$N_e = \frac{13,84 \cdot 306,167}{9750} = 0,4 \text{ кВт}$$

### 5.6.2. Растачивание черновое $\varnothing 28^{+0,08}$ мм

1. Задаем глубину резания:  $t = 0,25$  мм.

2. Задаем подачу:  $S = 0,3$  мм/об [17, с.267, табл.12]

3. Рассчитываем скорость резания

$$\vartheta = \frac{C_{\vartheta}}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0,9 = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,125 \cdot 0,9 = 215 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \quad [2, \text{с. 265}]$$

где  $C_p, x, y, t$  – коэффициент и показатели степени приведенные в [17, с.269, табл. 17]

$$C_p = 420, y = 0,2, t = 0,2$$

$T = 60$  мин. – среднее значение стойкости при одно инструментальной обработке.

#### 4. Рассчитываем силу резания:

При наружном точении главную составляющую сил резания можно найти по формуле [17, с.271]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p$$

где,  $C_p, x, y, n$  – постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки принимаемые из [17, с.273, табл.22], коэффициент  $K_p$  рассчитывается следующим образом:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

Рассчитываем составляющую силы  $P_z$ .

Коэффициент  $K_{Mp}$  рассчитывается по формуле [17, с.264, табл.9]:  $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ , при этом  $n = 1$ , так как обработка ведется резцами.

$$K_{Mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^1 = 1,3$$

$$K_{\varphi p} = 0,89 \text{ [17, с.275, табл.23]}$$

$$K_{\gamma p} = 1,25 \text{ [17, с.275, табл.23]}$$

$$K_{\lambda p} = 1 \text{ [17, с.275, табл.23]}$$

$$K_p = 1,3 \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1 = 1,446$$

$$C_p = 408, x = 0,72, y = 0,8, n = 0,$$

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 0,25^{0,72} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 1,446 = 1367 \text{ Н}$$

#### 5. Расчет мощности резания.

Расчет мощности резания осуществляют согласно формуле [17, с.371]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$$

$$N = \frac{1367 \cdot 215}{1020 \cdot 60} = 4,8 \text{ кВт}$$

Инструмент: Резец 26612-85 С.17 Т15К6 ГОСТ 18883-736.

Расчет частоты вращения шпинделя.

Определяем частоту вращения используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 215}{3,14 \cdot 28} = 2445 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем  $n = 2445$  об/мин.

### 5.6.3. Растачивание черновое $\varnothing 32^{+0,02}$ мм

1. Задаем глубину резания:  $t = 2$  мм.

2. Задаем подачу:  $S = 0,4$  мм/об [17, с.267, табл.12]

3. Рассчитываем скорость резания

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x} \cdot Kv \cdot 0,9 = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 2^{0,2}} \cdot 1,125 \cdot 0,9 = 163 \frac{\text{м}}{\text{мин}} [2, \text{с. 265}]$$

где  $C_v, x, y, m$  – коэффициент и показатели степени приведенные в [17, с.269, табл. 17]

$$C_v = 420, y = 0,2, m = 0,2$$

$T = 60$  мин. – среднее значение стойкости при одно инструментальной обработке.

4. Рассчитываем силу резания:

При наружном точении главную составляющую сил резания можно найти по формуле [17, с.271]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p$$

где,  $C_p, x, y, n$  – постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки принимаемые из [17, с.273, табл.22], коэффициент  $K_p$  рассчитывается следующим образом:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

Рассчитываем составляющую силы  $P_z$ .

Коэффициент  $K_{Mp}$  рассчитывается по формуле [17, с.264, табл.9]:  $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ , при этом  $n = 1$ , так как обработка ведется резцами.

$$K_{Mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^1 = 1,3$$

$$K_{\varphi p} = 0,89 \text{ [17, с.275, табл.23]}$$

$$K_{\gamma p} = 1,25 \text{ [17, с.275, табл.23]}$$

$$K_{\lambda p} = 1 \text{ [17, с.275, табл.23]}$$

$$K_p = 1,3 \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1 = 1,446$$

$$C_p = 408, x = 0,72, y = 0,8, n = 0,$$

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 2^{0,72} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,446 = 4669 \text{ Н}$$

5. Расчет мощности резания.

Расчет мощности резания осуществляют согласно формуле [17, с.371]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$$

$$N = \frac{4669 \cdot 163}{1020 \cdot 60} = 12,4 \text{ кВт}$$

Инструмент: Резец 26612-85 С.17 Т15К6 ГОСТ 18883-736.

6. Расчет частоты вращения шпинделя.

Определяем частоту вращения используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 163}{3,14 \cdot 32} = 1622 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем  $n = 1622$  об/мин.

#### 5.6.4. Растачивание чистовое $\varnothing 32^{+0,02}_{\text{мм}}$

1. Задаем глубину резания:  $t = 0,25$  мм.

2. Задаем подачу:  $S = 0,4$  мм/об [17, с.267, табл.12]

3. Рассчитываем скорость резания

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x} \cdot Kv \cdot 0,9 = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,125 \cdot 0,9 = 215 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \text{ [17, с. 265]}$$

где  $C_g, x, y, m$  – коэффициент и показатели степени приведенные в [17, с.269, табл. 17].

$$C_g = 420, y = 0,2, m = 0,2$$

$T = 60$  мин. – среднее значение стойкости при одно инструментальной обработке.

4. Рассчитываем силу резания:

При наружном точении главную составляющую сил резания можно найти по формуле [17, с.271]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p$$

где,  $C_p, x, y, n$  – постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки принимаемые из [17, с.273, табл.22], коэффициент  $K_p$  рассчитывается следующим образом:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

Рассчитываем составляющую силы  $P_z$ .

Коэффициент  $K_{Mp}$  рассчитывается по формуле [17, с.264, табл.9]:  $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ , при этом  $n = 1$ , так как обработка ведется резцами.

$$K_{Mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^1 = 1,3$$

$$K_{\varphi p} = 0,89 \text{ [17, с.275, табл.23]}$$

$$K_{\gamma p} = 1,25 \text{ [17, с.275, табл.23]}$$

$$K_{\lambda p} = 1 \text{ [17, с.275, табл.23]}$$

$$K_p = 1,3 \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1 = 1,446$$

$$C_p = 408, x = 0,72, y = 0,8, n = 0,$$

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 0,25^{0,72} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,446 = 1721 \text{ Н}$$

5. Расчет мощности резания.

Расчет мощности резания осуществляют согласно формуле [17, с.371]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N = \frac{1721 \cdot 215}{1020 \cdot 60} = 6 \text{ кВт}$$

Инструмент: Резец 26612-85 С.17 Т15К6 ГОСТ 18883-736.

6. Расчет частоты вращения шпинделя.

Определяем частоту вращения используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 215}{3,14 \cdot 32} = 2140 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем  $n = 2140$  об/мин.

В результате проведенного расчета режимов резания, было установлено, что наибольшая требуемая мощность для обработки равна **12,4 кВт**. Основываясь на полученной величине, производим подбор оборудования.

### 5.7. Выбор оборудования

1. 16К20Ф3С32 Станок токарный патронно-центровой с числовым программным управлением. Предназначен для токарной обработки наружных поверхностей диаметром до 400 мм и внутренних длиной до 1000 мм.

Область применения: мелкосерийное производство.



Рис. 42. Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ 16К20Ф3С32.

Таблица 14. Характеристики 16К20Ф3С32:

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	400
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220

Мощность электродвигателя, кВт	20
Количество инструментов, устанавливаемых в резцедержатель	6
Максимальное сечение резца	32x32
Диапазон скоростей продольных подач	3...2000
Диапазон скоростей поперечных подач	3...2000
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	1000

2. Для отрезания заготовки выбираем станок.

MBS-910CS-Ленточнопильный станок, диаметр круглой заготовки  $\varnothing 225$



Рис. 43. MBS-910CS-Ленточнопильный станок, диаметр круглой заготовки  $\varnothing 225$ .

Таблица 15. Характеристики MBS-910CS-Ленточнопильный станок, максимальный диаметр круглой заготовки  $\varnothing 225$

Диаметр отрезаемой заготовки, мм	225
Максимальная длина заготовки, мм	300
Скорость движения полотна, м/мин	35 - 70

Высота рабочего стола, мм	980
Выходная мощность, кВт	1,1
Потребляемая мощность, кВт	2,1
Зона обработки при 45°, мм	160,140, 115x115
Сплошное сечение, мм	150
Размеры ленточного полотна, мм	27x0,9x2455
Масса, кг	220

### 5.8. Выбор измерительного оборудования

Для осуществления технического контроля производим подбор измерительного инструмента. При выборе инструмента необходимо учесть тип производства, требуемую точность измерений, доступность измеряемых участков поверхностей детали.

Учитывая все вышеперечисленные факторы, выбираем следующие измерительные инструменты:

- Штангенциркуль ШЦ – II – 250 – 0,05 ГОСТ 166-89
- Калибр – пробка 8133-0946 ПР, НЕ Н6 ГОСТ 14810-69

### 5.9. Нормирование

Норма времени выполнения операций на станках с ЧПУ, при условии использования одного станка, включает в себя подготовительно – заключительное время, т.е. время, затраченное на подготовку к выполнению работы и действий, связанных с ее окончанием и штучное время, отводимое на изготовление единицы продукции.

$$H_{вр} = T_{пз} + T_{шт}$$

$T_{шт}$  – определяется из формулы [27, с.5]

$$T_{шт} = T_{оп} \left( 1 + \frac{T_{обс} + T_{отл}}{100} \right)$$

где  $T_{оп}$  – оперативное время, мин;  $T_{обс}$  и  $T_{отл}$  – время на обслуживание рабочего места и время на отдых и личные нужды соответственно, % от  $T_{оп}$  (4-8%).

$$T_{оп} = T_a + T_b,$$

здесь  $T_a$  – время автоматической работы станка, мин;  $T_b$  – время вспомогательной ручной работы, мин.

Производим расчет времени автоматической работы, представляющего собой совокупность основного и вспомогательного времени работы станка:

$$T_a = T_{oa} + T_{ва},$$

где  $T_{oa}$  – основное время автоматической работы, мин;  $T_{ва}$  – вспомогательное время автоматической работы, мин.

Расчет основного времени автоматической работы станка:

$$T_{oa} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_{Mi}},$$

$L_i$  – длина пройденного пути инструментом, при обработке заготовки, мм

$S_{Mi}$  – рабочая минутная подача, на обрабатываемом участке, мм/мин.

Обработка инструментом ПИ1:

Исходя из составленной расчетной технологической карты рассчитана суммарная длина пройденного пути инструментом, при обработке заготовки, она составила  $L_i = 35$  мм

При обработке отверстия  $\varnothing 28^{+0,08}$  мм

$$S_{Mi} = n \cdot S$$

где  $n$  – частота вращения вала шпинделя на данной операции;

$S$  – подача инструмента, выбранная для данной операции.

$$S_{Mi} = 2445 \cdot 0,3 = 733,5 \text{ мм/об}$$

$$T_{oa1} = \frac{35}{733,5} = 0,05 \text{ мин}$$

При черновой обработке отверстия  $\varnothing 32^{+0,02}$  мм сверло прошло  $L_i = 10$  мм

$$S_{Mi} = n \cdot S$$

где  $n$  – частота вращения вала шпинделя на данной операции;

$S$  – подача инструмента, выбранная для данной операции.

$$S_{Mi} = 1622 \cdot 0,4 = 648,8 \text{ мм/об}$$

$$T_{oa2} = \frac{10}{648,8} = 0,015 \text{ мин}$$

При чистовой обработке отверстия  $\varnothing 32^{+0,02}$  мм сверло прошло  $L_i = 10$  мм

$$S_{Mi} = n \cdot S$$

где  $n$  – частота вращения вала шпинделя на данной операции;

$S$  – подача инструмента, выбранная для данной операции.

$$S_{Mi} = 2140 \cdot 0,4 = 856 \text{ мм/об}$$

$$T_{oa3} = \frac{10}{856} = 0,012 \text{ мин}$$

$$T_{oa} = 0,05 + 0,015 + 0,012 = 0,077 \text{ мин}$$

Расчет времени автоматической вспомогательной работы станка:

$$T_{ва} = T_{вха} + T_{ост}$$

где,  $T_{вха}$  – время автоматических вспомогательных ходов, мин;  $T_{ост}$  – время технологических пауз, мин.

$$T_{вха} = \frac{L_{xx}}{S_{ум}}$$

$L_{xx}$  – длина пути, проходимого на холостом ходу, мм;  $S_{ум}$  – ускоренная минутная подача, мм/мин.

Длина пути, проходимого на холостом ходу, находим из расчетно-технологической карты.

$$L_{xx} = 286,37 \text{ мм}$$

$$T_{вха} = \frac{286,37}{600} = 0,47 \text{ мин}$$

$$T_{ост} = 0 \text{ мин}$$

$$T_{ва} = 0,47 \text{ мин}$$

Расчет времени автоматической работы:

$$T_a = 0,077 + 0,47 = 0,547 \text{ мин}$$

Производим расчет времени вспомогательной ручной работы, представляющего собой совокупность времени на снятие и установку  $T_{ву}$ , времени на выполнение операций  $T_{во}$  и времени на контрольные измерения  $T_{ви}$ :

$$T_B = T_{\text{вУ}} + T_{\text{вО}} + T_{\text{вИ}}$$

$$T_{\text{вУ}} = 0,21 \text{ мин [27, с.55, карта 4]}$$

$$T_{\text{вО}} = 0$$

$$T_{\text{вИ}} = 0,13 \text{ мин [27, с.84, карта 15]}$$

$$T_B = 0,21 + 0,13 + 0 = 0,34 \text{ мин}$$

Расчет оперативного времени:

$$T_{\text{оп}} = T_a + T_B = 0,547 + 0,34 = 0,887 \text{ мин}$$

Расчет штучного времени:

$$T_{\text{обс}} + T_{\text{отл}} = 0,08 \cdot T_{\text{оп}} = 0,08 \cdot 0,887 = 0,071 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,887 \cdot (1 + 0,08) = 0,95796 \text{ мин}$$

Расчет нормы времени:

$$H_{\text{вр}} = T_{\text{пз}} + T_{\text{шт}}$$

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{оп}}$$

$$T_{\text{пз}} = 0,887 \text{ мин}$$

$$H_{\text{вр}} = 0,887 + 0,95796 = 1,85 \text{ мин}$$

### 5.10. Результаты технологического анализа

В результате выполненного проекта был разработан технологический процесс изготовления детали типа «Ролик». В ходе разработки были проведены следующие действия: выбор заготовки и оценка технологичности детали в целом, моделирование маршрута обработки в условиях мелкосерийного производства. Рассчитаны продольные и диаметральные припуски на механическую обработку и режимы резания. На основании полученных значений режимов резания, произведен подбор оборудования и режущего инструмента. Определена норма времени выполнения операций на станках с ЧПУ.

## Задание для раздела

### «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4А6В	Ляпкиной Ольге Дмитриевне

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Материаловедение
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>

#### **Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Анализ конкурентных технических решений (ИР)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ.</i>
<i>2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.</i>
<i>3. Составление бюджета инженерного проекта (ИР)</i>	<i>Расчет: расчет бюджетной стоимости ИР по разработке устройства для точной сложнопрофильной резке труб.</i>
<i>4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

#### **Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей)

<i>1. Оценка конкурентоспособности ИР</i>	
<i>2. Матрица SWOT</i>	
<i>3. Диаграмма Ганта</i>	
<i>4. Бюджет ИР</i>	
<i>5. Основные показатели эффективности ИР</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	13.04.2020
---	------------

#### **Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н. доцент		13.04.2020

#### **Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4А6В	Ляпкина Ольга Дмитриевна		13.04.2020

## **6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Введение**

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

### **6.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **6.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Анализ конкурентных технических решений помогает внести коррективы в проект, чтобы успешнее противостоять соперникам. При проведении данного анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны конкурентов. Для этого составлена оценочная карта.

Объектом анализа являются параметры труборезных станков различных фирм.

В процессе работы рассматривались три варианта реализации данного устройства:

Проект (п) – станок для лазерной сложнопрофильной резки труб;

Конкурент 1 (К1) – станок для лазерной резки лазерный труборез SEKIRUS P2606M-20600L;

Конкурент 2 (К2) – лазерный труборез SEKIRUS P2706M-16600.

Таблица 16. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б <sub>п</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>п</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Удобство в эксплуатации	0.115	4	4	4	0.460	0.460	0.460
Энергоэкономичность	0.106	3	4	3	0.318	0.424	0.318
Уровень шума	0.086	3	3	3	0.258	0.258	0.258
Безопасность	0.125	4	5	4	0.500	0.625	0.500
Функциональная мощность	0.115	4	5	3	0.460	0.575	0.345
Простота эксплуатации и ремонтпригодность	0.115	5	4	3	0.575	0.460	0.345
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Цена	0.115	4	5	3	0.460	0.575	0.345
Предполагаемый срок эксплуатации	0.115	4	4	4	0.460	0.460	0.460
Затраты на ремонт	0.115	4	5	3	0.460	0.575	0.345
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>3,951</b>	<b>4.412</b>	<b>3.376</b>

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Итогом данного анализа может стать заключение о лидерстве модели №2, имеющей наибольшие показатели в строке итоги.

### 6.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 17. SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
	<p>S1. Техническая простота конструкции.</p> <p>S2. Возможность быстрого аварийного и планового обслуживания.</p> <p>S3. В случае аварийного отключения от сети электропитания заготовка не изменит своего положения в механизме поджима.</p> <p>S4. Минимизация веса корпуса за счет балочной системы конструирования.</p> <p>S5. Возможность внедрения устройства в производство.</p>	<p>W1. Использование лазерной головки.</p> <p>W2. Отсутствие бизнес-плана коммерциализации.</p> <p>W3. Не проработаны вопросы выхода на рынок.</p> <p>W4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>
<b>Возможности</b>		
O1. Новые решения конструкции трубoreза.	Получение нового высококачественного устройства для резки труб.	Трудозатратное, дорогостоящее устройство для резки труб с

<p>О2. Появления дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>О3. Требования к повышению качества получаемой обработки.</p>		<p>использованием новых технологий.</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>Т1. Незаинтересованность покупателей.</p> <p>Т2. Отсутствие заинтересованных инвесторов проекта.</p> <p>Т3. Узкоспециализированное направление.</p> <p>Т4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>Высокая конкуренция компенсируется техническими возможностями устройства.</p>	<p>Ввиду отсутствия популярности и трудозатратности проекта, а также его обслуживания может наблюдаться низкий спрос.</p>

Таблица 18. Связь сильных сторон с возможностями

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	0
	B2	+	+	+	+	+
	B3	0	-	+	-	0

Таблица 19. Связь слабых сторон с возможностями

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4
	B1	-	-	-	-
	B2	+	-	-	-
	B3	+	-	-	-

Таблица 20. Связь сильных сторон с угрозами

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	-	-	+	-
	У4	+	+	0	0	+

Таблица 21. Связь слабых сторон с угрозами

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4
	У1	+	-	+	+
	У2	+	+	+	+
	У3	+	-	+	+
	У4	+	-	+	+

В результате проведенных оценки конкурентоспособности и SWOT – анализа можно сделать вывод, что проект имеет как сильные, так и слабые стороны, однако преимущества текущих и дальнейших возможностей разработки значительно больше, следовательно, работать имеет смысл над проектом.

## 6.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определить структуру работ в рамках проектирования;
- определить участников каждой работы;
- установить продолжительность работ;
- построить график проведения отдельных этапов проектирования.

Для выполнения данного проекта необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят руководитель и инженер. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы.

Разработанный список задач и производимых работ, в рамках проектирования, а также распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде таблицы 22.

Таблица 22. Список производимых задач и работ и их исполнители

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по проекту	Руководитель
Теоретические исследования	5	Анализ аналогов установки, выбор режущего инструмента	Инженер
	6	Разработка конструкции станка	
Обобщение и оценка результатов	7	Подведение итогов, оценка полученных результатов	Руководитель
			Инженер
Контроль и координация проекта	8	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка конструкторской документации	Инженер
	10	Технико-экономические расчеты	Инженер
	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

### 6.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Основная часть стоимости разработки проекта составляется из трудовых затрат, поэтому важно определить трудоемкость работ всех участников разработки проекта.

Несмотря на то, что трудоемкость зависит от трудно учитываемых параметров, т.е. носит вероятностный характер, ее можно определить экспертным путем, в «человеко-днях». Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости  $t_{ожі}$  определяется по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5},$$

где  $t_{mini}$  – минимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является оптимистичной оценкой: при удачном стечении обстоятельств), чел.-дн.;  $t_{maxi}$  – максимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является пессимистичной оценкой: при неудачном стечении обстоятельств, чел.-дн.

На основании расчетов ожидаемой трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

Где  $Ч_i$  – количество исполнителей, одновременно выполняющих поставленную задачу, чел.

По всем работам результаты расчета продолжительности в рабочих днях представлены в таблице 8.

Диаграмма Ганта является наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki,рук} = T_{pi} \cdot k_{кап},$$

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кап},$$

где  $k_{кап}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кап.рук} = \frac{T_{кап}}{T_{кап} - T_{вых} - T_{пр}},$$

$$k_{кап.инж} = \frac{T_{кап}}{T_{кап} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где  $T_{кап}$  – общее количество календарных дней в году;  $T_{пр}$  – общее количество праздничных дней в году.

Расчет трудоемкости и продолжительности работ, на примере задачи «Составление и утверждение технического задания»:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{min\ i} + 2 \cdot t_{max\ i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ чел. -дн.},$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч} = \frac{3,8}{1} = 3,8 \text{ раб. дн.},$$

Расчет календарного коэффициента для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118 - 14} = 1,56$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примере задачи «Выбор направления исследований»:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 3,8 \cdot 1,56 = 5,93 \approx 6 \text{ кал. дн.}$$

Расчет календарного коэффициента для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$k_{кал.рук} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 66 - 14} = 1,28$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примере задачи «Выбор направления исследований»:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 3,8 \cdot 1,28 = 5,93 \text{ кал. дн.}$$

Все полученные значения в календарных днях округляются до целого числа, а затем сводятся в таблицу 23.

Таблица 23. Временные показатели проектирования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожи}$ , чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	6	-	7	-	6,4	-	6,4	-	9	-
Выбор направления исследований	5	3	7	5	5,8	4,2	2,9	2,1	7	3
Подбор и изучение материалов по теме	-	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	4
Календарное планирование работ по проекту	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	8	-
Анализ аналогов и выбор режущего инструмента	-	3	-	7	-	4,6	-	4,6	-	8
Разработка конструкции станка	-	12	-	16	-	12,8	-	12,8	-	20
Подведение итогов и оценка полученных результатов	4	1	6	5	4,8	2,6	2,4	1,3	5	2
Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	8	-
Разработка конструкторской документации	2	5	3	7	3,8	5,8	3,8	5,8	8	8
Технико-экономические расчеты	-	3	-	5	-	3,8	-	3,8	-	6
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	-	6	-	8	-	6,8	-	6,8	-	9

После расчета и сведения в таблицу временных показателей проектирования, на основе полученной таблицы строится диаграмма Ганта для руководителя и инженера.

Таблица 24. Диаграмма Ганта для руководителя и инженера.

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	9	■													
2	Выбор направления исследований	Руководитель Инженер	10		■												
3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	4			▨											
4	Календарное планирование работ по проекту	Руководитель	8				■										
5	Анализ аналогов и выбор режущего инструмента	Инженер	8					▨									
6	Разработка конструкции станка	Инженер	20						▨								
7	Подведение итогов и оценка полученных результатов	Руководитель, Инженер	7								■	▨					
8	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель	8									■					
9	Разработка конструкторской документации	Инженер, Руководитель	16										■	▨			
10	Технико-экономические расчеты	Инженер	6														▨
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	9														▨

▨ - Инженер; ■ - Руководитель;

Таблица 25. Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	105
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	60
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель	45

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

### 6.2.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета исследовательской работы должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Для формирования бюджета проекта используется следующая группа затрат

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### Расчет материальных затрат научно-технологического исследования

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблицу 26.

Таблица 26. Сырье, материалы и комплектующие изделия

Наименование оборудования	Ед. измерения	Кол-во.	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
Краска для принтера	шт.	1	850	850

Бумага для принтера формата А4 (500 листов)	пачка	2	230	460
Канцелярский набор	шт.	3	150	450
<b>Итого, руб.</b>				<b>1760</b>

### Расчет амортизации специального оборудования

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ПК - Asus. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Таблица 27. Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПК	1	3	30	30
<b>Итого</b>		<b>30 тыс. руб.</b>			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где  $n$  – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t,$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;

$t$  – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 30000}{12} \cdot 3 = 2475 \text{ руб.}$$

### Основная заработная плата исполнителей темы

Пункт включает в себя основную заработную плату  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительную заработную плату  $Z_{\text{доп}}$ .

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

Дополнительная заработная плата составляет 12-20% от  $Z_{\text{осн}}$ . Основная заработная плата руководителя (инженера)

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых исполнителем проекта;

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

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D}$$

где  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течении года:

– при отпуске в 28 раб. дней  $M=11$  месяцев, 5-дневная неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней  $M=10$  месяцев, 6-дневная неделя;

$F_D$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей проекта, раб.дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

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

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

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Для руководителя:

$$Z_M = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 20000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 39000 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_m = Z_m \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 16000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 31200 \text{ руб.}$$

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{39000 \cdot 11,2}{233} = 1875 \text{ руб.}$$

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{31200 \cdot 11,2}{270} = 1294 \text{ руб.}$$

Таблица 28. Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$Z_m, \text{руб}$	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m, \text{руб}$	$Z_{дн}, \text{руб}$	$T_p, \text{раб.дн.}$	$Z_{осн}, \text{руб}$
Руководитель	20000	0,3	0,2	1,3	39000	1875	45	84375
Инженер	16000	0,3	0,2	1,3	31200	1294	60	77640
Итого:								162015

### Дополнительная заработная плата исполнителей проекта

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

### Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

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

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

### Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### Формирование затрат на проектирование

Определение бюджета затрат на проект.

Таблица 29. Затраты на проектирование

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты проекта	1760
2. Амортизация оборудования	2475
2. Затраты по основной заработной плате	162015
3. Затраты по дополнительной заработной плате	24302,25
4. Отчисления на социальные нужды	55895,175
5. Накладные расходы	39434,588
Бюджет затрат на проектирование	285879,013

#### 6.2.4 Определение ресурсоэффективности исследования

**Интегральный показатель финансовой эффективности** исследовательской работы получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве вариантов исполнения были выбраны ближайшие аналоги:

1. Станок для лазерной резки лазерный труборез SEKIRUS P2606M-20600L;
2. Лазерный труборез SEKIRUS P2706M-16600;

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения исследовательской работы (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{165000}{285879,013} = 0,57$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{200000}{285879,013} = 0,69$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

### **Интегральный показатель ресурсоэффективности**

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности:

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

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент проекта;

$b_i$  – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расставляем бальные оценки и весовые коэффициенты в соответствии с приоритетом характеристик проекта, рассчитываем конечный интегральный показатель и сводим полученные результаты в таблицу 30.

Таблица 30. Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки	Бальная оценка труборез SEKIRUS P2606M-20600L	Бальная оценка труборез SEKIRUS P2706M-16600
1. Безопасность при использовании установки	0,3	5	5	4
2. Стабильность работы	0,3	4	3	5
3. Технические характеристики	0,1	5	3	4
4. Ремонтопригодность	0,2	4	4	3
5. Простота эксплуатации	0,1	5	4	4
Итого:	1	4,5	3,9	4,1

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,5$$

$$I_{p2} = 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 3,9$$

$$I_{p3} = 0,3 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 4,1$$

**Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки** определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{4,5}{0,88} = 5,11$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (таблица 31). Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}} = \frac{4,94}{5,11} = 0,97$$

Таблица 31. Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,57	0,69
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,9	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	5,11	4,94	4,32
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,97	0,85

### 6.3. Выводы по разделу

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации устройства, как наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 105 дней, общее количество календарных дней,

в течение которых работал инженер – 45 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель – 60;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 285879,013 руб;

4. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

- Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 1, что является показателем того, что ИР является финансово не выгодной, по сравнению с аналогами;

- Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,5, по сравнению с 3,9 и 4,1;

- Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,11, по сравнению с 4,94 и 4,32, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

**Задание для раздела  
«социальная ответственность»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4А6В	Ляпкиной Ольге Дмитриевне

<b>Школа</b>	ИШПНТ	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Материаловедение
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Проектирование устройства для точной сложнопрофильной резки труб	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Проектирование устройства для лазерной обработки отверстий сложного профиля в трубах. Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет как искусственный, так и естественный источники освещения. Основное рабочее оборудование – ПК.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организованные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны)	- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 - ГОСТ 12.2.032-78 - СП 52.13330.2016 - ГОСТ 12.1.003-2014 - СанПиН 2.2.4.548-96 - ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ - СН 2.2.4/2.1.8.566-96 - ГОСТ Р 55710-2013
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов. 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия.	- Неправильная освещенность рабочей зоны - Превышение уровня шума - Отклонение показателей микроклимата - Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - Превышение уровня вибрации
3. Экологическая безопасность:	Влияние на -атмосферу: загрязнение газами; -гидросферу: захоронение остатков сырья; -литосферу: загрязнение мелкой стружкой.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	-Возможные ЧС: пожар. -Наиболее типичные ЧС: пожар.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	13.04.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Черемискина М.С.			13.04.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4А6В	Ляпкина Ольга Дмитриевна		13.04.2020

## 7. Социальная ответственность. Введение

В данной работе было спроектировано устройство для точной сложнопрофильной резки труб, были проведены все необходимые технические расчеты с помощью различных программных комплексов, текстовых и графических редакторов. На основе этого рабочим местом будет принято место работы оператора ПК (персонального компьютера).

Длительная работа на ПК отрицательно воздействует на здоровье человека. Во-первых, это большая нагрузка на зрение. Так как в основном вся работа происходит у монитора ПК, является основным источником различных вредных факторов, таких как: пульсация яркости изображения, ультрафиолетовое и т.д.

Во-вторых, это длительное сидячее положение. Это приводит к появлению болей в спине, шеи, руках, плечевых суставах. При длительной работе на клавиатуре появляются болевые ощущения в запястьях, кистях и пальцах рук.

Данный раздел ВКР посвящен анализу воздействующих в процессе работы опасных и вредных факторов и выработке методов защиты от негативного действия этих факторов. Произведен анализ вредных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, превышение электромагнитных излучений. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

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

Специальные правовые норма включают в себя нормы проектирования рабочей среды. Проектирование рабочей (производственной) среды нацелено на то, чтобы создать оптимальные условия труда.

Оптимальные условия труда – такие условия, при которых сохраняется здоровье работников, и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. К таким условиям, в частности, относятся:

- Должно быть предоставлено помещение, соответствующее всем требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [29], для размещения в нем необходимого для исследования оборудования.
- Предоставление исправного оборудования и фурнитуры.
- Все иные необходимые материалы для качественного выполнения работы.
- Гарантия безопасности личных данных работника.
- Условия труда, соответствующие требованиям охраны труда и безопасности производства.

В соответствии со ст. 109 ТК РФ [20] перерывы для приема пищи, отдыха и обогрева общей продолжительностью один час, которые входят в рабочее время. Внутрисменный перерыв для отдыха: первая пауза – 10 мин., через 2 часа после начала работ; вторая пауза – 20 мин., через 4 часа работы; третья пауза – 10 мин., через 6 часов работы; четвертая пауза – 20 мин., через 8 часов работы; пятая пауза – 12 мин, за 2 часа до окончания работы.

### 7.1.1. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Требования к помещениям для работы с ПК:

Помещение, где расположено рабочее место, имеет как естественное, так и искусственное освещение. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [29] окна преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток, в реальном помещении данное требование выполняется.

Рабочее место находится в офисном помещении, площадь которого составляет  $54\text{ м}^2$  (длина  $A=6\text{ м}$ , ширина  $B=9\text{ м}$ ), объем составляет  $162\text{ м}^3$  (высота  $C=3\text{ м}$ ). Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [29] площадь на одно рабочее место пользователей ПК составляет  $6,5\text{ м}^2$  и  $20\text{ м}^3$  объема на одного человека.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 [31] при проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают женщины и мужчины - общие средние показатели женщин и мужчин.

Рабочее кресло при проектировании должно иметь следующие параметры, представленные в таблице.

Таблица 32. Кресло должно иметь следующие основные размеры, мм:

ширина поверхности сиденья, не менее	400
глубина поверхности сиденья	400-420
высота спинки, не менее	500
ширина опорной поверхности спинки, не менее	400
регулируемая высота поверхности сиденья от уровня установки ног	360-450
горизонтальное (продольное) регулирование, не менее	100
высота подлокотников, мм	200-240
ширина подлокотников, не менее, мм	50
длина подлокотников, мм	250-300

## 7.2. Производственная безопасность

В разделе освещены все возможные вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть на разных этапах реализации данного проекта.

Таблица 33. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо- тка	Изготов- ление	Экс- плуат-	
1.Неправильная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. [32]
2.Превышение уровня шума		+	+	
3.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014. «Шум. Общие требования безопасности». [24]
4.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [29]
5.Превышение уровня вибрации		+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [36]  СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. [37]

### 7.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований (разработке)

1. Неправильная освещенность рабочей зоны.

В соответствии с СП 52.13330.2016 [32] неправильную освещенность рабочей зоны можно отнести к вредным факторам, при этом организм рабочего может утомляться и это может повлиять на качество работы. Утомляемость человека может возникать из-за чрезмерной или недостаточной освещенности, а также из-за неправильного направления света.

Освещенность рабочего помещения при использовании искусственных источников света должна быть от ламп накаливания не менее 100 лк, от люминесцентных ламп - не менее 150 лк. в соответствии с ГОСТ 55710-2013 [33]. Светильники следует устанавливать так, чтобы исключалось их слепящее действие. Аварийное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 10 % указанной.

При недостаточной освещенности необходимо установить дополнительные источники света.

## 2. Повышенный уровень шума

Эквивалентный уровень звука на рабочем месте не должен превышать значений, указанных в ГОСТ 12.1.003 – 2014 [34]. В соответствии с ГОСТ 12.1.003 – 2014 [34], главные санитарные нормы уровня шума на рабочих местах следующие – это 80 дБА. – пункт 5.2. Максимальные уровни звука А, измеренные с временными коррекциями S и I, не должны превышать 110 дБА и 125 дБА соответственно. А пиковый уровень звука С не должен превышать 137 дБС. – пункт 3.2.5.

Проектирование происходило в помещении офисного типа источником шума являлся ПК, уровень шума которого не превышает допустимых значений.

В случае если уровень шума будет превышать допустимые нормы необходимо использовать индивидуальные средства защиты от шума.

К ним относятся защиты органов слуха работающих установлены ГОСТ 12.4.011-89 [35]; это противозумные шлемофоны (шлемы), наушники, заглушки, вкладыши. Они эффективно защищают организм от раздражающего действия шума, предупреждая возникновение различных функциональных нарушений и расстройств, если правильно подобраны и систематически используются.

## 3. Отклонение показателей микроклимата.

Существенное влияние на работоспособность человека оказывает микроклимат, который зависит от теплофизических особенностей технологического оборудования, сезона года, условий отопления и вентиляции. Микроклимат определяют действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажностью воздуха и скоростью движения воздуха. При определенных значениях микроклимата, человек испытывает состояние комфорта, что способствует повышению производительности труда. И, наоборот, неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям как различные формы простуды, хронический бронхит и т.д.

Так как работа в помещении, связанна с длительным использованием ПК, возможны нервно-эмоциональные напряжения. В таких помещениях должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ Ia и Ib. Перепады температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин, указанных в таблицу 34.

Таблица 34. Перепады температуры воздуха

Период года	Категория работ по уровням	Температура, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха м/с
Холодный	Ia	22-24	60-40	0,1
	Iб	21-23		
Теплый	Ia	23-25		
	Iб	22-24		

Так как помещения оборудованы ПК, то еженедельно проводится влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПК.

В помещении осуществляется естественная вентиляция. Основным недостатком естественной вентиляции является то, что воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагрева. Согласно нормам, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [29] объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более  $40\text{м}^3$ . В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет  $60\text{м}^3$ , что соответствует нормам.

4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

В процессе проектирования, при несоблюдении техники безопасности оператором, можно получить удар электрическим током от сети ПК либо от соединительных проводов с неисправной изоляцией.

Удар током может привести к летальному исходу. Требования по безопасности оборудования согласно ГОСТ 12.1.019 – 2017 ССБТ [36]. Во время штатного режима работы, вероятность получения удара электрическим током очень мала, однако исключать чрезвычайные ситуации никак нельзя.

В соответствии с ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ [36] пункт 1.3 напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать следующих значений:

- переменный (50 Гц) –  $U$  не более 2,0 В,  $I$  не более 0,3 мА;
- переменный (400 Гц) –  $U$  не более 3,0 В,  $I$  не более 0,4 мА;
- постоянный –  $U$  не более 8,0 В,  $I$  не более 1,0 мА.

Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше  $25^{\circ}\text{C}$ ) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в три раза.

Средства индивидуальной защиты: специальная одежда антиэлектростатическая; специальная обувь антиэлектростатическую; предохранительные приспособления антиэлектростатические (кольца и браслеты); средства защиты рук антиэлектростатические.

5. Превышение уровня вибрации.

При проектировании источником вибрации является работающий ПК. Рассмотрим допустимые уровни вибрации, не оказывающие существенного влияния на организм человека.

В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [37] для санитарного нормирования и контроля используются средние квадратические значения виброускорения или виброскорости, а также их логарифмические уровни в децибелах. Нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки на оператора для длительности смены 8 ч., для общей вибрации категории 3 тип «а», по санитарным нормам значение виброускорения составляет 100 дБ, а для виброскорости – 92 дБ.

В качестве средств индивидуальной защиты от вибрации для рук и ног используются защитные перчатки, рукавицы, прокладки, вкладыши, защитная обувь, стельки и подметки.

### **7.3. Экологическая безопасность**

В процессе эксплуатации проектируемое устройства выделяются вредные газы, что загрязняет атмосферу, в случае длительного влияния вредных газов у человека нарушается обмен веществ. Основными путями проникновения в организм токсических веществ из воздуха помещений являются дыхательные пути. При заглатывании вдыхаемых паров, газов и пыли они проникают в пищеварительный тракт. Некоторые ядовитые вещества, хорошо растворяющиеся в жирах, могут проникать в организм через кожу.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций.

Чтобы снизить влияние вредных веществ в воздухе на организм человека, необходимо установить в рабочие помещения специальные фильтрующие приборы. При этом индивидуальные средства защиты следующие: маски, респираторы, различные повязки и др.

Проектируемое устройство также влияет на литосферу. Остатки используемого материала должны быть переработаны в соответствии с нормами утилизации.

В случае попадания остатков на поверхность земли и разложения их, вредные вещества, содержащиеся в материале, будут воздействовать на литосферу, произойдет загрязнение почвы. Последствия загрязнения почвы:

1. Тормозится процесс почвообразования.
2. Резко снижается урожайность, снижаются потребительские качества растений.
3. Ослабляется самоочищение почвы, т.е. способность разлагать загрязнители до усвояемых живыми организмами и вовлекаемых в круговорот веществ. В такой почве дольше сохраняются патогенные микроорганизмы.
4. Накопление загрязнителей в растениях и дальнейшее попадание в организм человека по пищевым цепочкам. Накопление в растениях определяется 2-мя факторами:

а) скоростью перехода в растение (зависит от вида растения, физико-химических свойств загрязнителя, его концентрации в почве, физико-химического состава почвы);

б) скоростью распада в растении, обычно в 3-5 раз медленнее, чем разложение загрязнителя в почве.

Чтобы избежать последствий заражения почвы, необходимо соблюдать правила утилизации материалов.

На гидросферу проектируемое устройство оказывает негативное влияние. При изготовлении детали мелкие опилки могут попасть в воду и со временем начнут разлагаться, тем самым загрязняя гидросферу. Чтобы этого не происходило, необходимо предусмотреть защитные сооружения, которые смогут обеспечить защиту окружающей среды при эксплуатации проектируемого оборудования.

Воздействие вредных веществ на гидросферу приводит к таким негативным последствиям, как:

- уменьшение мировых запасов питьевой воды (около 40% контролируемых водоемов имеют загрязнения, превышающие 10 ПДК);
- деградация флоры и фауны водоемов;
- нарушение круговорота веществ в биосфере;

- снижение биомассы планеты и, как следствие, воспроизводства кислорода.

#### 7.4. Защита в чрезвычайных ситуациях. Пожар

В процессе проектирования устройства возможно возникновение пожара, в следствии короткого замыкания.

В помещении имеется электропроводка напряжением 220 В, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Данное помещение относится к категории Д (наличие твердых сгораемых вещей). Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- Организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- Эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- Технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.
- Организационные мероприятия:
  - Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
  - Обучение персонала правилам техники безопасности;
  - Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.
- Эксплуатационные мероприятия:
  - Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
  - Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
  - Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления,

вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на достигаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

### **7.5. Выводы по разделу**

В процессе выполнения данного раздела было рассмотрено оборудования для выполнения точной сложнопрофильной резки труб, с учетом предъявленных требований, оценены возможные угрозы жизни и здоровью работника, возможный ущерб экологии и меры предосторожности, необходимые для работы над данным проектом. Данные результаты могут быть рассмотрены в реальных условиях эксплуатации оборудования.

## 8. Заключение

Итогом выполненной квалификационной работы является спроектированная 3D-модель устройства для сложнопрофильной резки труб.

В ходе работы сделано следующее: изучены аналоговые устройства, разработана кинематическая схема устройства, создана детализированная 3D-модель узла подачи заготовки, подобраны покупные комплектующие привода подачи заготовки, разработан технический процесс производства детали «Ролик», разработана технологическая документация (размерная схема, расчетно-технологическая карта, карта наладки, операционная карта), произведен анализ бюджетных затрат на научно-исследовательскую работу, выявлены возможные ЧС в процессе разработки и оценено влияние устройства на атмосферу, литосферу и гидросферу.

## 9. Список литературы

1. ГОСТ 31445-2012 Трубы стальные и чугунные с защитными покрытиями. Технические требования.
2. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сор-тамент.
3. ГОСТ 1050-2013.Metalлопродукция из нелегированных конструкци-онных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.
4. ГОСТ 4543-2016. Metalлопродукция из конструкционной легирован-ной стали. Технические условия.
5. ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие техниче-ские условия.
6. ГОСТ 13663-86. Трубы стальные профильные. Технические требова-ния.
7. ГОСТ 8734-75. Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент.
8. ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные. Технические усло-вия.
9. Виды стальных труб [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://experttrub.ru/stalnye/vidy.html> (дата обращения 01.05.2020).
10. Оборудование для резки труб: виды инструментов и особенности их применения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sovingener.ru/oborudovanie-dlya-rezki-trub-vidy-instrumentov-i-osobennosti-ix-primeneniya.html#i> (дата обращения 01.05.2020).
11. Механическая резка металла [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stalevarim.ru/pub/mehanicheskaya-rezka-metalla/> (дата обращения 03.05.2020).
12. Metalлообрабатывающие станки из Европы. Лазерная и плазменная резка металла [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://novator-grp.ru/rus/projects/Laser\\_vs\\_Plasma/](http://novator-grp.ru/rus/projects/Laser_vs_Plasma/) (дата обращения 03.05.2020).

13. Плазменная резка металла: описание и особенности резки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rem-serv.com/plazmennaya-rezka-metalla-cto-eto-takoe/> (дата обращения 03.05.2020).

14. Гидроабразивная резка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.metall-energy.ru/gidroabrazivnaya-rezka.htm> (дата обращения 03.05.2020).

15. Принцип гидроабразивной резки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.uraca.com/ru/infocentr/nou-khau/principgidroabrazivnoirezki/> (дата обращения 03.05.2020).

16. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.

17. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.

18. Анализ технологичности детали. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megaobuchalka.ru/7/36979.html> (дата обращения 05.05.2020).

19. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

20. ГОСТ 10903-77. Сверла спиральные с коническим хвостовиком. Основные размеры.

21. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб. пособие / И.Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин, М. А. Прокофьев – Рыбинск: РГАТА, 2010. – 220 с.

22. Атаманов С.А. Выбор средств измерения и контроля размеров в машиностроении: учеб. пособие / С.А.Атаманов, В. Ф. Гнидо, И.Г. Панков. – Рязань: РИ (ф) МГОУ, 2012.

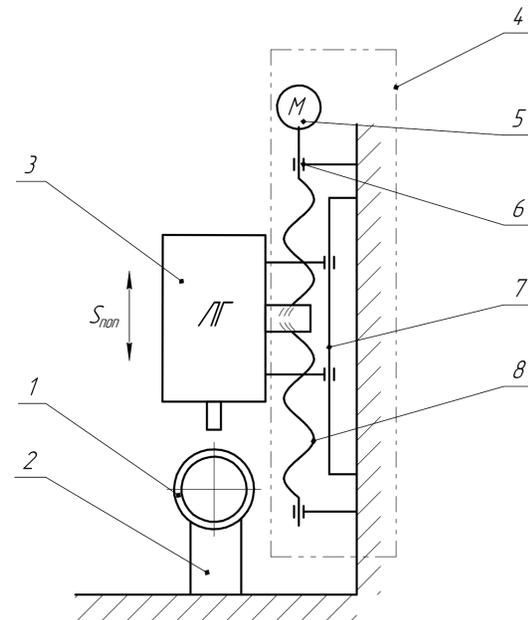
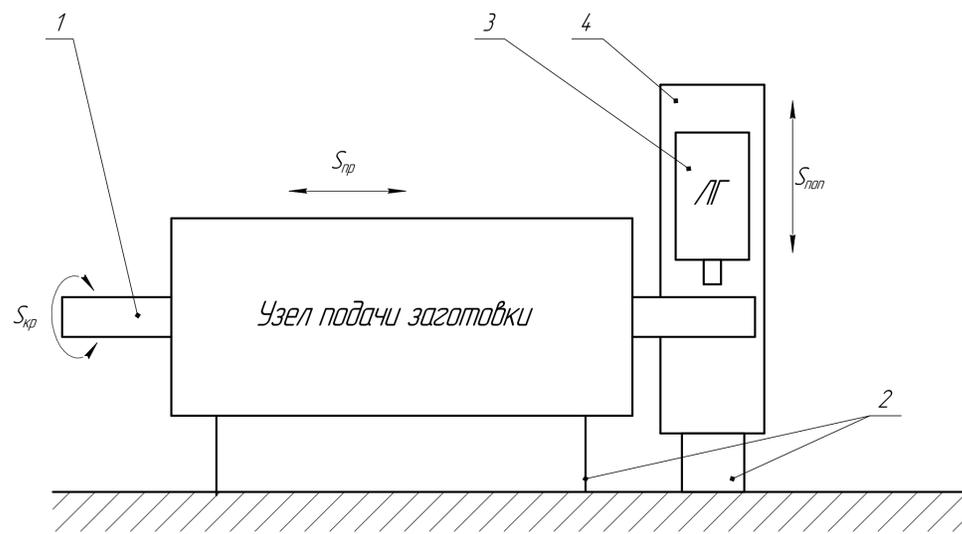
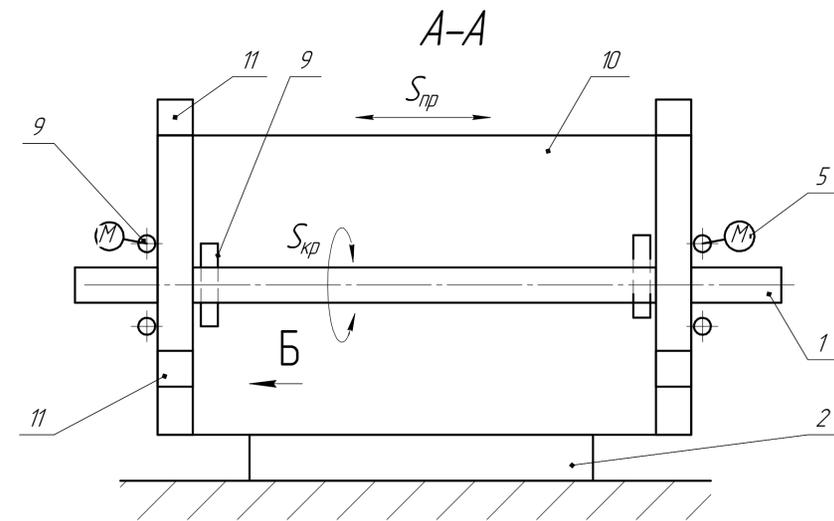
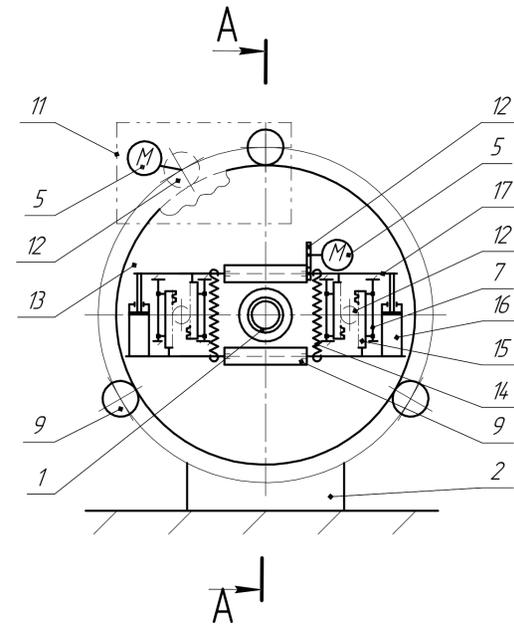
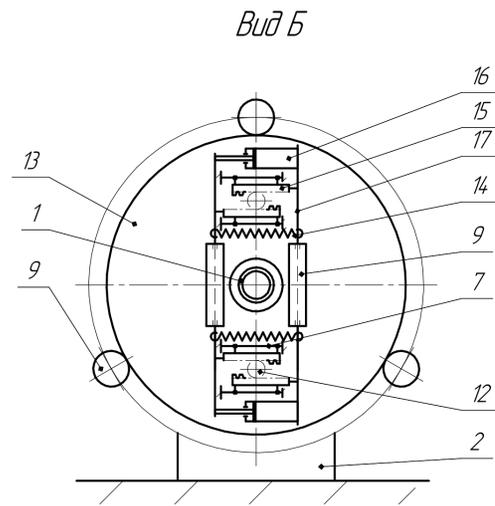
23. Рогов В.А. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / В.А. Рогов. – 2-е изд., испр. и доп., 2016.

24. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирования технологических процессов: учеб. пособие / С.К. Сысоев, А.С. Сысоева, В.А. Левко. – СПб.: Лань. 2011.
25. Схиртладзе А.Г. Резание материалов. Режущий инструмент: учебник для академического бакалавриата / А.Г. Схиртладзе [и др.]; под общ. Ред. Н.А. Чемборисова., 2016.
26. Маталин А.А. Технология машиностроения: учебник для вузов / А.А. Маталин – 3-е изд., стер. – СПб: Лань. 2010.
27. Общемашиностроительные нормативы времени и режимы резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением: справочник / Центральное бюро нормативов комитета СССР по труду и социальным вопросам – М.: Экономика, 1990. – 207 с.
28. "Марочник сталей и сплавов" Под общ. ред. А.С.Зубченко 2-е издание доп. и испр. М.: Машиностроение 2003г. 784 стр. с ил.
29. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронновычислительным машинам и организации работы».
30. Трудовой кодекс российской федерации, раздел V. Время отдыха, глава 18, статья 109.
31. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
32. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*
33. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
34. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
35. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
36. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

37. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

**Приложение А**  
**Принципиальная кинематическая схема**

Принципиальная кинематическая схема



- 1 - заготовка
- 2 - несущая рама (станция)
- 3 - лазерная головка (ЛГ)
- 4 - система перемещения ЛГ
- 5 - двигатель
- 6 - подшипник
- 7 - направляющая
- 8 - винт-гайка
- 9 - ролик
- 10 - капсула зажима/разжима заготовки
- 11 - система перемещения капсулы зажима/разжима заготовки
- 12 - шестерня
- 13 - фланец
- 14 - пружина растяжения
- 15 - рейка
- 16 - пневмоцилиндр
- 17 - ось

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Кинематическая схема	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Лякина			25.05.20		4		
Проб.	Козарь					Лист	Листов	1
Т.контр.						ТПУ ИШНТ гр. 4А6В		
Исполн.					Формат А1			

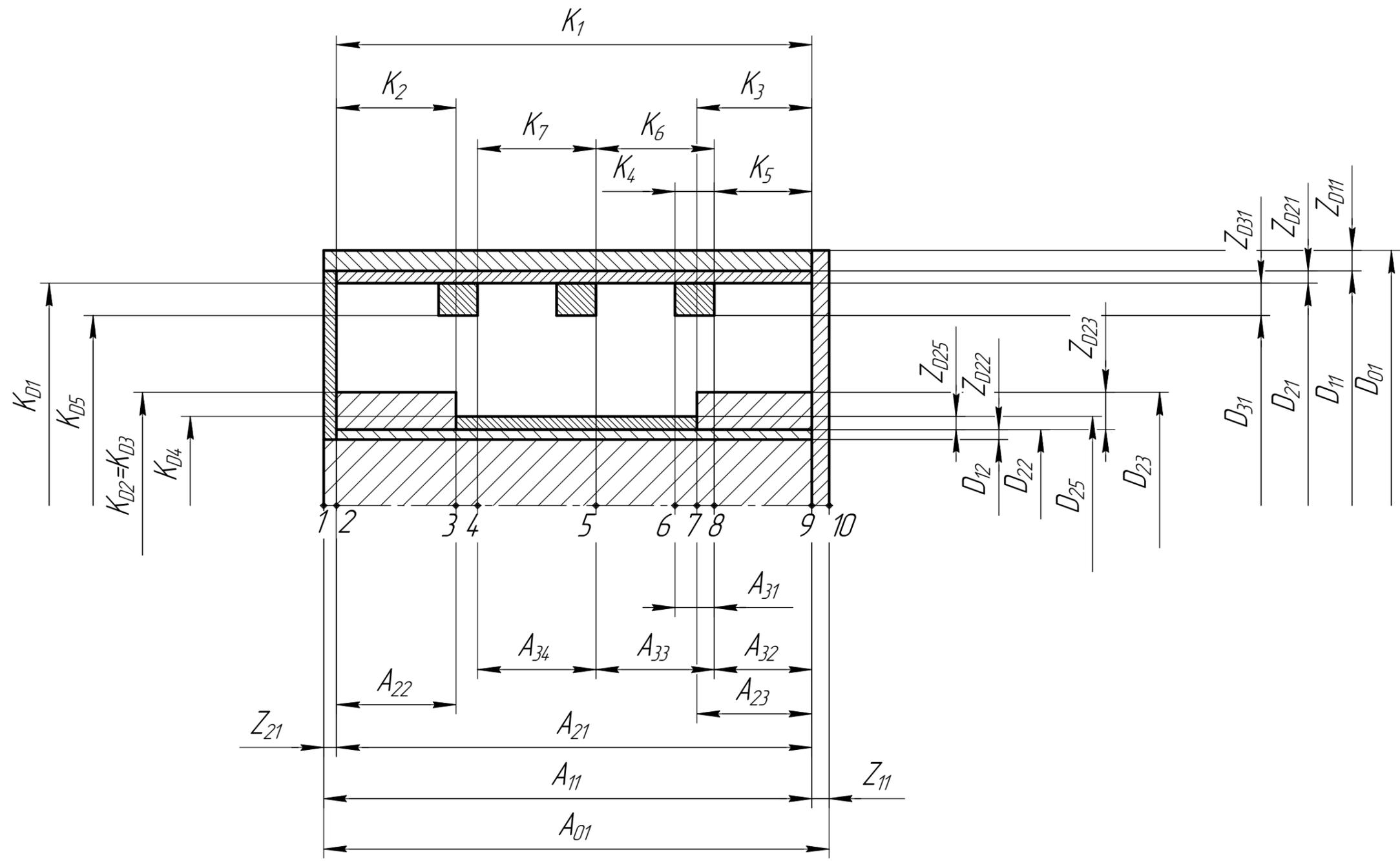
**Приложение Б**  
**Чертеж ролика**



**Приложение В**  
**Размерная схема**

Перв. примен.	
Справ. №	

Инд. № подл.	Инд. № дюрл.	Инд. № дюрл.	Инд. № дюрл.	Инд. № дюрл.
Подп. и дата				
Взам. инв. №	Инв. № дюрл.	Инв. № дюрл.	Инв. № дюрл.	Инв. № дюрл.

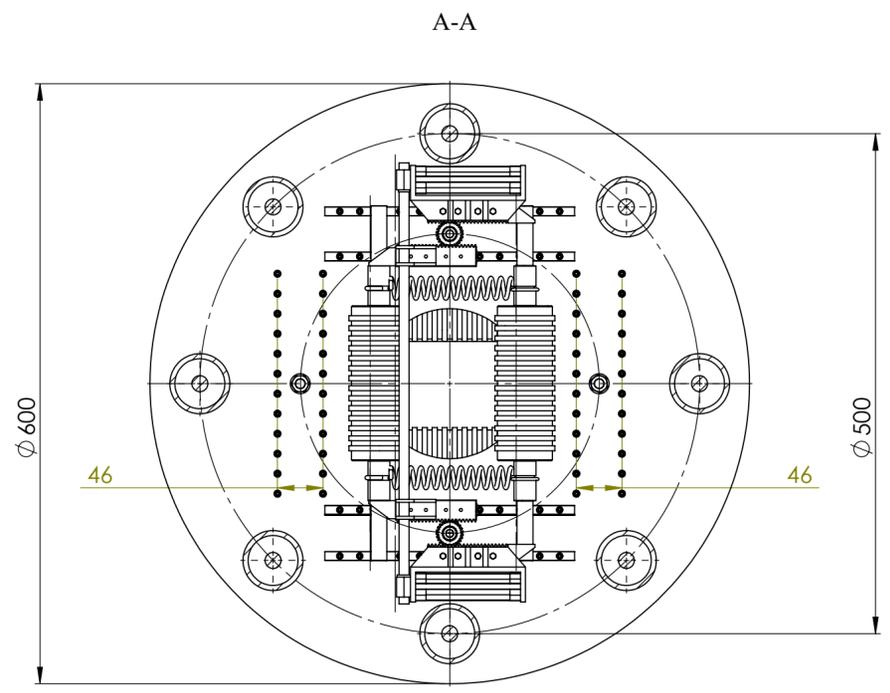
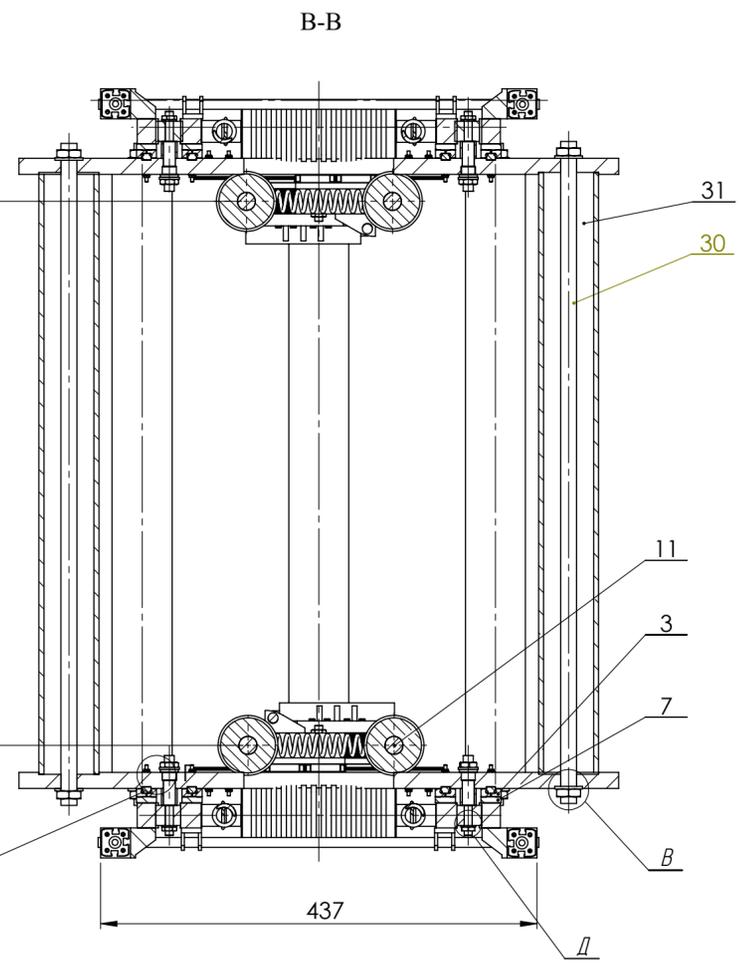
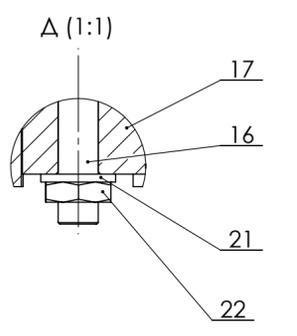
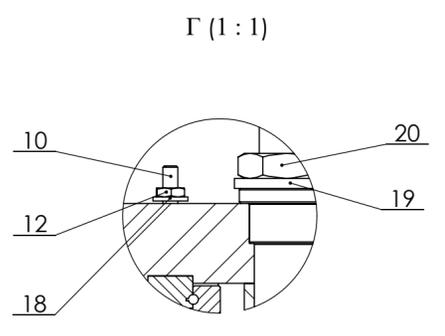
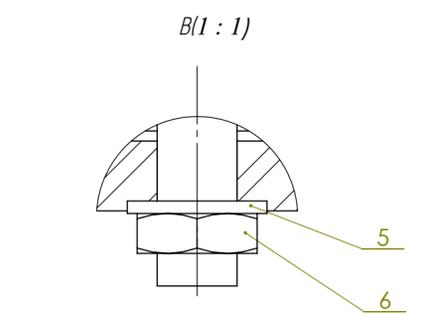
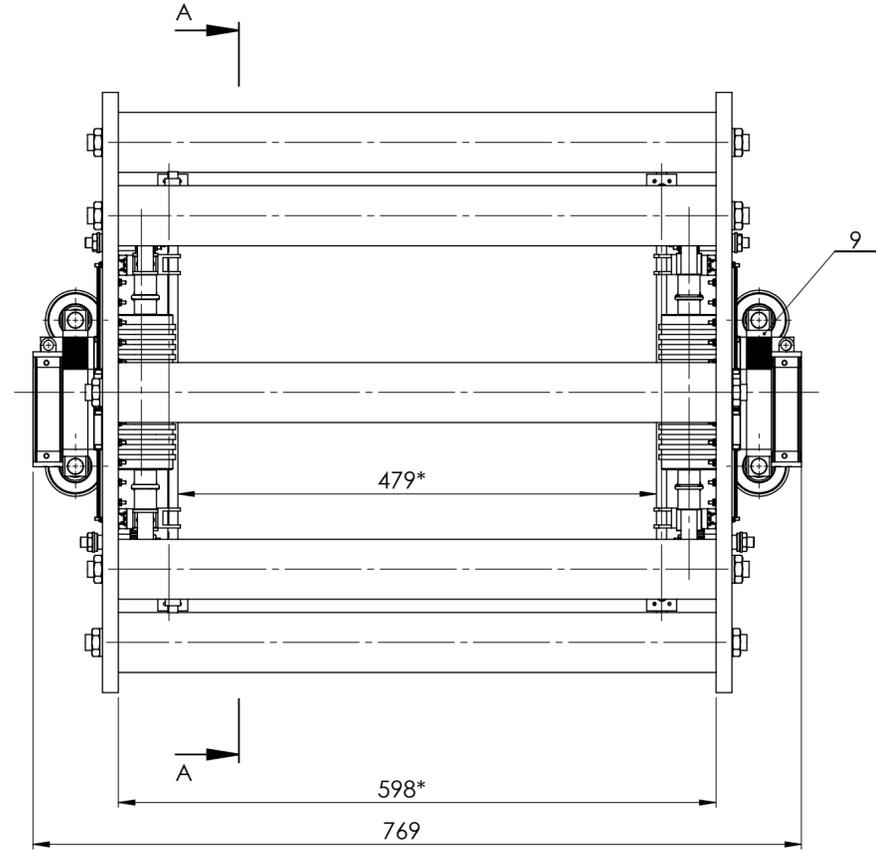
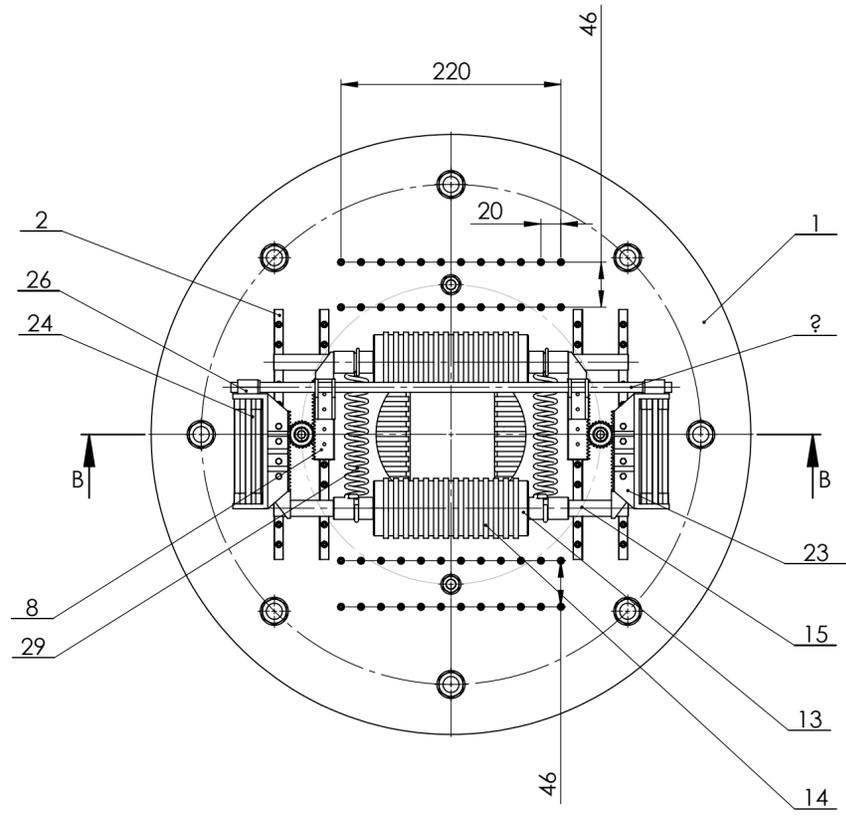


Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Размерная схема</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Ляпкина			25.05.20		у		1:1
Проб.	Козарь					Лист	Листов	1
Т.контр.						НИ ТПУ ИШНПТ гр.4А6В		
И.контр.						Формат А3		
Утв.					Копировал			

**Приложение Г**  
**Граф-дерево**



**Приложение Д**  
**Сборочный чертеж**



- 1. \*Размеры для справок.
- 2. Габаритные размеры (ДхШхВ): 796х600х600 мм.
- 3. Усилие зажима: max 1000Н, min 500Н.
- 4. Усилие пневмоцилиндра 1000Н при 5МПа.
- 5. Предельные размеры фиксируемых труб: 60-120 мм.

Перв. примен.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Инв. № дубл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	У	Лякина		25.05.20
		Козарь		25.05.20
Т. контр.				
Н. контр.				
Чтв.				

ИШНПТ-8/16214.00.00.00 СБ			
Сборочный чертёж	Лит.	Масса	Масштаб
	У	110	1:5
	Лист 1	Листов 1	
	НИ ТПУ группа		ИШНПТ 4А6В

**Приложение Ж**  
**Спецификация**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
A2			ИШНПТ-8Л6214 7.00.00.00 СБ	Сборочный чертеж			
<i>Детали</i>							
A4	1		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.01	Ролик	8		
A3	2		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.02	Фланец	2		
A4	3		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.03	Плита	16		
A3	4		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.04	Кронштейн	8		
A3	5		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.05	Ось ролика	8		
A3	6		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.06	Полуось ролика	16		
A3	7		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.07	Ось шестерни	8		
A4	8		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.08	Втулка	8		
A3	9		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.09	Кронштейн левый	4		
A3	10		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.10	Кронштейн правый	4		
A4	11		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.11	Перемычка	8		
A3	12		ИШНПТ-8Л6214 7.01.01.12	Труба	8		
<i>Стандартные изделия</i>							
		13		Болт М3х40 ГОСТ 7805-70	114		
		14		Гайка М3 ГОСТ 5915-70	112		
<b>ИШНПТ-8Л6214 7.00.00.00</b>							
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата		
Разраб. Ляпкина					25.05.20		
Пров. Козарь					25.05.20		
Н.контр.							
Утв.							
Узел поджима/зажима заготовки					Лит.	Лист	Листов
					У1	1	2
					НИ ТПУ ИШНПТ		
					Группа 4А6В		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		15		Гайка М8 ГОСТ 5915-70	8	
		16		Гайка М10 ГОСТ 5915-70	8	
		17		Гайка М16 ГОСТ 5915-70	16	
		18		Направляющая SRS 20M	16	
		19		Пневмоцилиндр 1221-63x80- -УХ4 Л ГОСТ15608-81	8	
		20		Подшипник 6002 ГОСТ 8338-75	16	
		21		ПРП-40. П-52x60.300 ГОСТ 19177-81	122	
		22		Пружина растяжения 1-2-4 65Г ТУ 3-1002-77 ГОСТ Р 50753-95	8	
		23		Рейка зубчатая прямозубая CR26200 Sati	16	
		24		Труба 60x5x600 ГОСТ 8732-78	8	
		25		Шайба 3 ГОСТ 11371-78	112	
		26		Шайба 8 ГОСТ 11371-78	8	
		27		Шайба 10 ГОСТ 11371-78	8	
		28		Шайба 16 ГОСТ 11371-78	16	
		29		Шестерня М15-20-8	8	
		30		Шпилька М16-6x662 ГОСТ 22037-76	8	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ИШНПТ-8/6214 7.00.00.00</b>	Лист
						2