

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

Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»  
ООП Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении  
Отделение машиностроения

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы <b>Выбор и обоснование параметров резьбонарезной насадки для многофункциональной ручной машины</b>
---

УДК 621.992.31

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM11	Сун Вэньлинь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШНПТ	Коротков Владимир Сергеевич	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ШБИП	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н., профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ	Сорокова Светлана Николаевна	к.ф.-м.н.		



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

Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»  
ООП Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении  
Отделение машиностроения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) Сорокова С.Н.  
(ФИО)

### ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
4АМ11	Сун Вэньлинь

Тема работы:

<b>Выбор и обоснование параметров резбонарезной насадки для многофункциональной ручной машины</b>	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	№ 32-55/с от 01.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> (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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объект проектирования: резбонарезная насадка для ручной машины.</li> <li>2. Объект исследования: червячная передача второй ступени редуктора.</li> <li>3. Режим работы: периодический.</li> <li>4. Частота вращения рабочего органа: 20...25 об/мин</li> <li>5. Крутящий момент на рабочем органе: 200 Нм</li> <li>6. Полезная мощность двигателя: 1,4 кВт</li> </ol>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор литературных источников 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</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор литературы по теме исследования.</li> <li>2. Разработка кинематической схемы резбонарезной ручной машины.</li> <li>3. Разработка конструкции резбонарезной насадки для многофункциональной ручной машины.</li> <li>4. Исследование напряженно-деформированного состояния червячной пары.</li> <li>5. Социальная ответственность.</li> </ol>

<i>дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i>	6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Выводы. 8. Заключение.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint) 20 слайдов
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.
Раздел ВКР на иностранном языке	Гутарева Н. Ю.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	07.02.2022
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ ИШНПТ	Коротков В. С.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ11	Сун Вэньлинь		

## Список принятых сокращений

PM — ручная машина;

PPM — резьбонарезная ручная машина;

ЧП — червячная передача;

ВП — волновая передача;

ППК — промежуточные тела качения;

ВППТК — волновая передача с промежуточными телами качения;

КПД — коэффициент полезного действия;

ЧС — чрезвычайная ситуация.

**Результаты обучения**  
**Направление 15.04.01 Машиностроение**  
**ООП Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении**

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения в том числе в режиме удаленного доступа
УК(У)-3	Способность организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия (-ий), анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-5	Способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований, создавать и редактировать тексты профессионального назначения
УК(У)-6	Способность определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, а также использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способность осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способность организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов

ОПК(У)-6	Способность к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)-7	Способность обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
ОПК(У)-8	Способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способность обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способность организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способность подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способность разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способность разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способность оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-4	Способность подготавливать заявки на изобретения и промышленные образцы, организовывать работы по осуществлению авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и с даче в эксплуатацию выпускаемых изделий и объектов машиностроения

ПК(У)-5	Способность разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии, оценивать инновационные и технологические риски при внедрении новых технологий, организовывать повышение квалификации и тренинг сотрудников подразделений в области инновационной деятельности и координировать работу персонала при комплексном решении инновационных проблем в машиностроении
ПК(У)-6	Способность разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов машиностроительного производства
ПК(У)-7	Способность организовать развитие творческой инициативы, рационализации, изобретательства, внедрение достижений отечественной и зарубежной науки, техники, использование передового опыта, обеспечивающих эффективную работу подразделения, предприятия
ПК(У)-8	Способность организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способность и готовность использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности
ПК(У)-11	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения в области профессиональной деятельности
ПК(У)-12	Способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности
ПК(У)-13	Способность применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования в машиностроении

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 117 страниц пояснительной записки и 1 приложение, 31 таблицы, 28 рисунков, 18 источников.

**Ключевые слова:** ручная машина, резьбонарезная насадка, резьбонарезная головка, клупп, червячная передача, контактные напряжения, изгибные напряжения.

**Объектом исследования** является червячная передача для второй ступени редуктора резьбонарезной машины.

**Цель работы:** разработать конструкцию насадки для ручной машины, выполняющей функцию нарезания резьбы и обосновать ее параметры.

**Практическая новизна:** заключается в разработке новой кинематической схемы резьбонарезной машины и установлении действующих эквивалентных напряжений в червячном колесе при номинальной нагрузке на рабочем органе.

**Практическая ценность работы:** разработана конструкция насадки для многофункционального привода, выполняющая функцию нарезания резьбы. Ручная машина с такой насадкой может использоваться для нарезания наружной резьбы на трубах от  $\frac{1}{2}$  до  $1\frac{3}{4}$  дюйма, а также для прогонки резьбы и т. п.

Многофункциональный привод ручной машины разработан на базе однофазного коллекторного двигателя с полезной мощностью 1,4 кВт. В режиме работы резьбонарезной машины крутящий момент на рабочем органе достигает 200 Н·м, при частоте вращения резьбонарезной головки 20...25 об/мин.

В процессе выполнения работы использовались методы математического моделирования, метод конечных элементов, метод сравнения, методы анализа и синтеза.

В результате исследования определены эквивалентные напряжения в червячном колесе под номинальной нагрузкой. Моделирование



напряженно-деформированного состояния зубьев червячного колеса производилось в САЕ системе ANSYS Workbench.

## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>12</b>
<b>1. Исследовательская часть .....</b>	<b>14</b>
1.1 Обзор литературы по теме исследования .....	14
1.2 Объект и методы исследования .....	15
1.3 Обзор методов нарезания резьбы и видов резьбы .....	15
1.4 Обзор конструкции РРМ и резьбонарезных головок .....	17
1.4.1 Обзор конструкции ручных резьбонарезных устройств .....	17
1.4.2 Обзор резьбонарезных головок .....	23
1.5 Описание принципа работы РРМ .....	25
1.5.1 Принцип нарезания резьбы с РРМ на разных типах поверхностей .....	25
1.5.2 Нарезание наружной резьбы электрическим клуппом .....	26
1.6 Расчёт и обоснование технических параметров червячной передачи .....	29
1.6.1 Инженерный расчёт параметров червячной передачи .....	29
1.6.2 Расчёт червячной передачи в Компас 19 .....	35
1.7 Исследование напряженно-деформированного состояния червячной пары .....	44
<b>2. Конструкторская часть .....</b>	<b>47</b>
2.1 Разработка кинематической схемы резьбонарезной машины .....	47
2.2 Разработка эскиза конструкции резьбонарезной насадки .....	49
2.3 Разработка 3Д модели резьбонарезной насадки .....	50
<b>3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....</b>	<b>54</b>
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	54
3.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	55
3.2.1 Анализ конкурентных технических решений .....	55
3.2.1 Анализ конкурентных технических решений .....	56
3.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	60
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	60
3.3.2 Определение трудоёмкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	61

3.4 Бюджет научно-технического исследования.....	65
3.4.1 Расчёт материальных затрат научно-технического исследования.....	65
3.4.2 Расчёт амортизации специального оборудования .....	66
3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	67
3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	69
3.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	70
3.4.6 Бюджетная стоимость НИР .....	71
3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	71
3.5.1 Оценка сравнительной эффективности исследования .....	71
Выводы: .....	75
<b>4. Социальная ответственность .....</b>	<b>78</b>
Введение .....	78
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	79
4.2. Производственная безопасность.....	81
4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов производственной среды .....	81
4.2.2 Анализ отклонение показателей микроклимата .....	82
4.2.3 Анализ повышенного уровня шума .....	83
4.2.4 Анализ повышенного уровня вибраций.....	84
4.2.5 Анализ опасности поражения электрического тока .....	85
4.2.6 Анализ движущихся машины и механизма, передвигающиеся заготовки и материалы .....	86
4.2.7 Анализ недостаточной освещённости рабочего места.....	86
4.3 Экологическая безопасность.....	91
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	92
Заключение по разделу «Социальная ответственность» .....	94
<b>Заключение .....</b>	<b>95</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>96</b>
<b>Приложение А.....</b>	<b>98</b>

## Введение

**Объектом исследования** является червячная передача для второй ступени редуктора резьбонарезной машины.

**Предметом исследования** является напряженно-деформированное состояние червячной пары в приводе резьбонарезной машины.

**Целью работы** является разработка конструкции резьбонарезной насадки для ручной машины, выполняющей функцию нарезания резьбы и обоснование ее параметров.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Разработать кинематическую схему резьбонарезной ручной машины.
2. Обосновать технические параметры червячной передачи для ручной резьбонарезной машины.
3. Разработать 3Д модель резьбонарезной насадки с червячной передачей.
4. Исследовать напряжённо-деформированное состояние червячной пары в САЕ программе ANSYS Workbench.

**Актуальность:** Стоимость профессионального ручного инструмента, предназначенного для выполнения одной рабочей функции достаточно высока.

Для небольшого объема работ использование такого профессионального инструмента становится экономически не выгодным. Поэтому для небольших строительных фирм, фермеров и мелких предпринимателей разработан многофункциональный привод для ручной машины, который в сочетании со специализированными насадками способен выполнять функции бура, резьбонарезной машины, гайковерта и т. п.

Исследование напряженно-деформированного состояния червячной передачи, используемой в насадке для резьбонарезной машины, и определение численных значений эквивалентных напряжений в различных частях червячного колеса, позволит сделать заключение о его работоспособности и снизит количество и стоимость натуральных испытаний.

**Практическая новизна:** заключается в разработке новой кинематической схемы резьбонарезной машины и установлении действующих эквивалентных напряжений в червячном колесе при номинальной нагрузке на рабочем органе, а также в снижении эксплуатационных затрат.

**Практическая значимость работы:** разработана конструкция насадки для многофункционального привода, выполняющая функцию нарезания резьбы. Ручная машина с такой насадкой может использоваться для нарезания наружной резьбы на трубах от  $\frac{1}{2}$  до  $1\frac{3}{4}$  дюйма, а также для прогонки резьбы и т. п.

Выпускная квалификационная работа состоит из четырех частей и приложения на английском языке.

**В исследовательской части** произведен анализ напряженно-деформированного состояния червячной пары, используемой в сменной насадке для ручной машины, выполняющей функцию нарезания резьбы. Моделирование рабочих нагрузок на червячное колесо проводилось в САЕ системе ANSYS workbench.

**В конструкторской части** разработана кинематическая схема для резьбонарезной ручной машины, а также конструкция насадки для многофункционального привода, выполняющая функцию нарезания резьбы; выполнен инженерный расчет на прочность червячной передачи в системе Компас 3Д и обоснованы ее параметры.

**В части «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения»** приведён анализ конкурентных технических решений, трудоёмкости выполнения работ, перспективности и успешности научно-исследовательского проекта.

**В части «Социальная ответственность»** приведён анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды, вредных веществ, производственного шума и уровень вибраций, освещенность помещения, пожарной безопасности, защита в ЧС.

## 1. Исследовательская часть

### 1.1 Обзор литературы по теме исследования

Считается, что первым винт изобрел философ, математик и механик Архит Тарентский (IV-V в/в. до н. э.). Архимед (III-II в. в. до н.э.) применил винт для перемещения жидкостей. Широкое применение резьбы началось лишь в Средневековье. В записных книжках Леонардо да Винчи [1], относящихся к концу XV – началу XVI вв., есть наброски проектов нескольких винторезных станков. Первым устройством для нарезки резьбы, имеющим практическое применение, принято считать станок француза Ж. Бессона, который изобрел его в 1568 г. В 1778 г. британским механиком Д. Рамедоном были разработаны станки для нарезания резьбы двух типов. В 1795 г. механиком из Франции Сено был изготовлен один из первых образцов станков, предназначенных исключительно для нарезки резьбы [2]. В 1841 году, доклад «Система унифицирования винтовой резьбы» автора Дж. Витворт представился Институту гражданских инженеров [3], в котором он предложил одинаковые размеры для болтов и винтов одинакового размера чтобы унифицировать параметры резьбы, такие как профиль, шаг и высота профиля. Международная организация по стандартизации ИСО (ISO) разработала стандарты винтовой резьбы, единой для многих стран мира.

Расчёт параметров резьбы рассматривается в справочнике технолога машиностроителя, который разработан Абрамовым Ю.А., Андреевым В.Н.[4] и др. Методика расчёта геометрические параметры червячных передач разработана Ваньшиным А.И. и Печниковом А.Ф.[5]. Кроме того, выбраны параметры от ГОСТ 19650-97 Передачи червячные цилиндрические [6] и ГОСТ 19672-74 Модули и коэффициенты диаметра червяка [7]. Исследования, посвященных расчёту на контактную выносливость и на выносливость при изгибе представлены в работе Чернавского С.А., Бокова К.Н. и Чернин И.М.[8].

Существует большое количество исследований, посвященных конструированию и разработке теории нарезания резьбы. [9] и [10]. Например, мастер Чудинов И. П. [9], нарезал резьбу методом фрезерования; мастер Захаров В.В.[10], проектировал инструмент для нарезания внутренних резьб. Проскуряков Ю. Г. и Кохановский В. А. [11], разработали метод раскатывания внутренней резьбы бесстружечными метчиками.

## **1.2 Объект и методы исследования**

Объектом исследования является червячная передача для второй ступени редуктора резьбонарезной машины. В работе используются теоретические методы, включая анализ и синтез, а также метод сравнения. В рамках исследования проведен анализ конструкции ручной машины. Также был применен частный метод исследования в виде математического моделирования. В ходе которого произведён расчёт параметров червячной передачи в системе Компас 19 и анализ напряжённо-деформированного состояния в программе ANSYS Workbench.

## **1.3 Обзор методов нарезания резьбы и видов резьбы**

Основные способы создания резьбы включают следующие: нарезание с помощью резьбовых резцов или резьбовых гребней; фрезерование с специальными резьбовыми ; нарезание с фрезами, резьбонарезными головками и метчиками; шлифование при помощи абразивных дисков; накатка при использовании плоских или круглых пластин с накаткой.

1) На токарном станке для нарезания резьбы используйте резьбонарезный резец и гребенку для нарезания наружной и внутренней резьбы диаметром более или равным 12 мм.

2) На резьбофрезерных станках, где вращающаяся гребенчатая фреза при радиальной подаче нарезает в изготовление и фрезерует резьбу на поверхности детали, то есть фрезеруют наружную и внутреннюю резьбу.

3) Наружные резьбы, которые до 52 мм в один проход, используют круглые плашки на монтажных, заготовительных и других работах.

4) Шлифование широко используется для получения точной резьбы на коротких резьбовых деталях, таких как резьбовые калибры, резьбовые ролики и т. д.

5) Основным методом изготовления резьбы является накатывание на специальных станках, которые создают резьбу на поверхности детали без снятия стружки за счет пластической деформации поверхности [12].

Существует две системы - метрическая и дюймовая, соответственно, есть две группы стандартов: метрические и дюймовые. Некоторые страны с метрической системой используют дюймовую резьбу, и наоборот. Например, в России для трубной резьбы используются британские дюймовые стандарты. В автомобильной промышленности до недавнего времени применялась дюймовая резьба из-за того, что конструкции были разработаны в странах с дюймовой системой измерений. Европейские и американские бренды предлагают резьбонарезной инструмент как для метрической, так и для дюймовой резьбы.

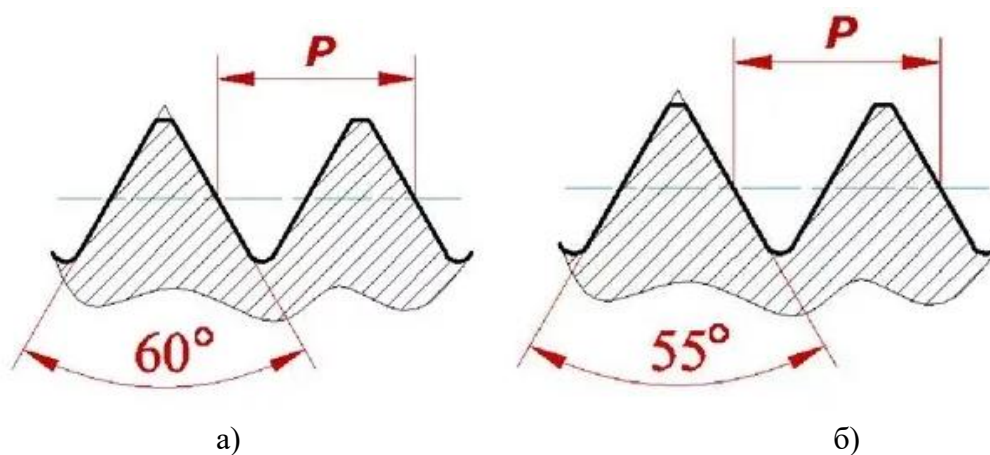


Рисунок 1.1 Типы резьбы

Угол профиля — это угол, образованный пересекающимися боковыми сторонами (гранями) витков. Расстояние от начала до конца резьбы называется ее глубиной.

Диаметром наружным называют расстояние между противоположными точками резьбы. Внутренним диаметром называют расстояние между



основаниями сторон, лежащих напротив друг друга. Средний диаметр — это расстояние между вершиной и основанием противоположной стороны.

Метрическая резьба - это треугольный профиль с углом 60° и плоско срезанными вершинами, выраженный в мм. Стандарт ISO наиболее распространен для метрической резьбы в Европе и США.

Дюймовая резьба отличается от метрической не только размерами, но и формой профиля. Для обозначения дюймовой резьбы используется дробное число, которое показывает диаметр резьбы в дюймах, а также количество линий на дюйм (TPI). Например, маркировка 5/8"-18 UNF означает, что диаметр резьбы равен 5/8 дюйма, а количество витков на дюйм – 18. Метрическая резьба обозначается буквой "М", за которой следует наружный диаметр резьбы, после символа "х", обозначение шага резьбы (например, М8 х 1).

Для нарезания дюймовой резьбы на металлических трубах существует несколько способов. Первый способ – использование токарного станка. Он подходит для изготовления изделий разного диаметра. Вторым способом – использование специального инструмента, называемого "lerka". Он представляет собой нож, который позволяет нарезать резьбу на трубе. Третьим способом – использование ручных или электрических инструментов, называемых "klupp". Они позволяют быстро нарезать резьбу на трубе.

Кроме того, для обработки внутренней резьбы на изделиях существует специальный инструмент – резьбонарезной нож. Он помогает нарезать резьбу внутри трубы или отверстия.

## **1.4 Обзор конструкции РРМ и резьбонарезных головок**

### **1.4.1 Обзор конструкции ручных резьбонарезных устройств**

Клупп (нем. Kluppe) - это инструмент для ручного нарезания резьбы, в котором используются сменные гребенчатые резцы. Для создания необходимого усилия резания, клуппы могут быть оснащены массивными рычагами с трещоткой. Резьбу нарезают только элементы из дорогостоящей легированной

стали, нет необходимости изготавливать весь агрегат из неё, но только сменные гребенчатые резцы.



Рисунок 1.2 Ручной резьбонарезной клупп

Клупп электрический, Supertronic 2000, Supertronic 1250, Supertronic Economy, Supertronic 1000, является высокопроизводительным инструментом, предназначенным для того, чтобы нарезать цилиндрические резьбы любого диаметра и любой степени сложности. При использовании электрического клуппа резьба нарезается намного быстрее и без всяких усилий, ведь основным его отличием от ручного является наличие электродвигателя. Мощный резьбонарезной клупп может использоваться в комплекте со струбциной, применение которой, позволяет одному мастеру без особых усилий осуществлять эффективную работу даже в местах, доступ к которым ограничен (когда рычаг не может двигаться, как в ситуации применения клуппов с ручным управлением). Электрический клупп обеспечивает высокое усилие и пониженную скорость (а значит – высокую точность и качество) при нарезании резьбы.

Высокая производительность работ обеспечивается скоростным реверсом (возвратом) резьбонарезной части (головки). Такой клупп подходит, если есть потребность регулярной нарезки резьбы на трубах небольших диаметров, преимущественно до 2 дюймов.

## 1. Электрический резьбонарезной клупп Supertronic 1250



Рисунок 1.3 электрический клупп rothenberger supertronic 1250



Рисунок 1.4 Конструкция электрического клуппа rothenberger supertronic 1250

### Преимущества:

- Благодаря компактности устройство можно использовать в местах с затруднённым доступом. Резьбонарезной инструмент с лёгкостью выдерживает повышенную нагрузку.
- Имеет равномерную скорость в любом направлении вращения.
- Резьбонарезную головку можно установить слева/справа.
- Небольшой вес, удобное управление.
- Компактный корпус редуктора.

### Исполнение:

- В набор SUPERTRONIC 1250 входят резьбонарезные головки 1/2-3/4-1-1,1/4", струбцина, пластмассовый чемодан.
- Можно докупить дополнительно головки D 1/4, 3/8 дюйма.

Таблица 1. Технические характеристики supertronic 1250

Скорость на холостом ходу, об/мин	27
Габариты (ДхШхВ), мм	456 x168 x76
Вес, кг	14.5
Мощность, кВт	0.8
Напряжение, В	230
Рабочий диапазон диаметров, мм(дюйм)	1/2-3/4-1-1.1/4
Тип резьбы	BSPT R
Скорость рабочая, об/мин	15-20

## 2. Электрический резьбонарезной клупп REMS Amigo 2



Рисунок 1.5 электрический клупп REMS Amigo 2

### Преимущества:

- Для всех резьбонарезных машин REMS используется только один тип маленьких, компактных и быстрозаменяемых насадок для резьбы и только один тип насадок для резьбы.
- Вращение трубы в двух направлениях и надежная и удобная опорная конструкция.

- Прочное фиксирование труб используется наклонный зажимной винт, а также быстро устанавливается в опорную конструкцию и на трубу.
- Компактное и многофункциональное оборудование.
- Надежный, компактный и бесслужебный редуктор. Мощный универсальный двигатель мощностью 1700 Вт с увеличением мощности на 30% за счет автоматического перестановки угольных щеток. Скорость резки 30-18 об/мин.
- Надежная технология, высококачественный материал и точная обработка головки, гребня и корпуса обеспечивают легкую резку труб и простую резьбу..

Таблица 2. Технические характеристики REMS Amigo 2

Частота ,Гц	50
Вес, кг	6,5
Мощность, кВт	1,7
Напряжение, В	220
Рабочий диапазон диаметров, мм(дюйм)	1/4-1
Длина привода ,см	27
Тип резьбы	BSPT
Скорость вращения при нарезке резьбы. ,об/мин	18-30

### 3. Электрический резьбонарезной клупп RIDGID 700



Рисунок 1.6 Электрический резьбонарезной клупп RIDGID 700

Переносной резьбонарезной электрический клупп RIDGID 700 (РИДЖИД 700) в литом алюминиевом корпусе создан для тяжёлых режимов работы. Обеспечивает идеальное нарезание чистой резьбы на трубах  $\varnothing$  1/8" – 2" (6 – 50 мм) с применением резьбонарезных головок RIDGID 12-R, а также болтах  $\varnothing$  1/4" – 1" (8 – 25 мм) с применением резьбонарезных головок RIDGID OO-RB. Трубнонарезной электрический клупп совместим с резьбонарезными головками RIDGID OO-R, OO-RB, O-R, 11-R, R-200, 111-R, 141 при условии использования соответствующих переходников и электрическими труборезами RIDGID 258 / 258 XL.

Ручной резьбонарезной клупп RIDGID 700 оснащается:

- реверсивным универсальным электродвигателем;
- повышенным запасом мощности;
- кнопкой пуска для продолжительной работы;
- отдельным переключателем направления вращения (расположен сверху);
- прямозубой цилиндрической зубчатой передачей;
- пружинной защёлкой для переходника;
- шестерней патрона из закалённой стали.

Таблица 3. Технические характеристики RIDGID 700

Частота ,Гц	50/60
Вес, кг	11
Мощность, кВт	1,1
Напряжение, В	230
Рабочий диапазон диаметров, мм(дюйм)	1/4-1
Длина ,см	71,7
Тип резьбы	BSPT
Скорость вращения при нарезке резьбы. ,об/мин	26-30

#### 1.4.2 Обзор резьбонарезных головок

Резьбонарезная головка представлена в рисунке 6.



а) REMS EVA S R 3/4"

б) REMS EVA R 1 1/4"

Рисунок 1.7 Резьбонарезная головка REMS EVA S R 3/4" и REMS EVA R 1 1/4"

1) REMS EVA S R 3/4" - резьбонарезная головка, подходящая для REMS Eva и других резьбонарезных клуппов, используемых для нарезания резьбы в труднодоступных местах. Идеальна для ремонта и реставрационных работ. Снабжена быстросменными резьбонарезными головками S. Дополнительная точная направляющая со стороны крышки для центрирования и лёгкого надреза трубы.

2) REMS EVA R 1 1/4" - резьбонарезная головка, предназначенная для REMS электрических и ручных клуппов. Обработка головки, гребня и крышки обеспечивает легкое нарезание резьбы и надрез трубы. Длинная точная направляющая обеспечивает центрирование трубы. Отверстия в головке обеспечивают хороший отвод стружки.

Таблица 4. Технические характеристики головки

Тип головки	Диаметр (мм)	Размер резьбы (дюйм)	Тип резьбы	Вес (кг)	Направление резьбы
REMS EVA S R 3/4"	19,05	3/4	BSPT	0,6	правая
REMS EVA R 1 1/4"	31,7	1 1/4	BSPT	0,6	правая



## 1.5 Описание принципа работы РРМ

### 1.5.1 Принцип нарезания резьбы с РРМ на разных типах поверхностей

1) Алгоритм нарезки резьбы на болте:

- Очистить поверхность детали,
- Закрепить деталь в вертикальном зажиме,
- Удалить окисленный слой с болта и нарезать фаску на конце резьбы,
- Использовать одно или многопроходную нарезку резьбы,
- Очистить резьбу олифы или сульфатной солью.

2) Алгоритм нарезки резьбы на трубах:

- очистить трубу от грязи и краски, если она уже использовалась и побывала в эксплуатации, ;
- зафиксировать трубу;
- на место обработки нанести масло или олифу;
- надевать клупп на трубу , при котором вывернуть стопорные винты;
- свести направляющие плашки к трубе, слегка постучать по ручке зажимного кольца легким молотком;
- закрепить направляющие прогонки;
- установить режущие плашки, ориентируясь на засечку необходимого диаметра нарезаемой трубы;
- вращать клупп по часовой стрелке, резать резьбу постепенно без рывков;
- без рывков, не торопясь, нарезать резьбу постепенно, установится через полный оборот, чтобы не погнуть трубу;
- медленно развести плашки и снять клупп с трубы.

После изготовления витков нужно попробовать соединить резьбу с другой деталью. Работать можно только если элементы взаимодействуют правильно. Если нарезка делается на старой трубе, нужно проверить наличие сквозных

прорезей. При работе с изношенной водопроводной трубой ее нужно держать газовым ключом, чтобы усилие вращения клуппа компенсировалось.

### 1.5.2 Нарезание наружной резьбы электрическим клуппом

Выбирай электрический клупп rothenberger supertronic 1250 как пример. На рисунке ниже показаны все его компоненты.

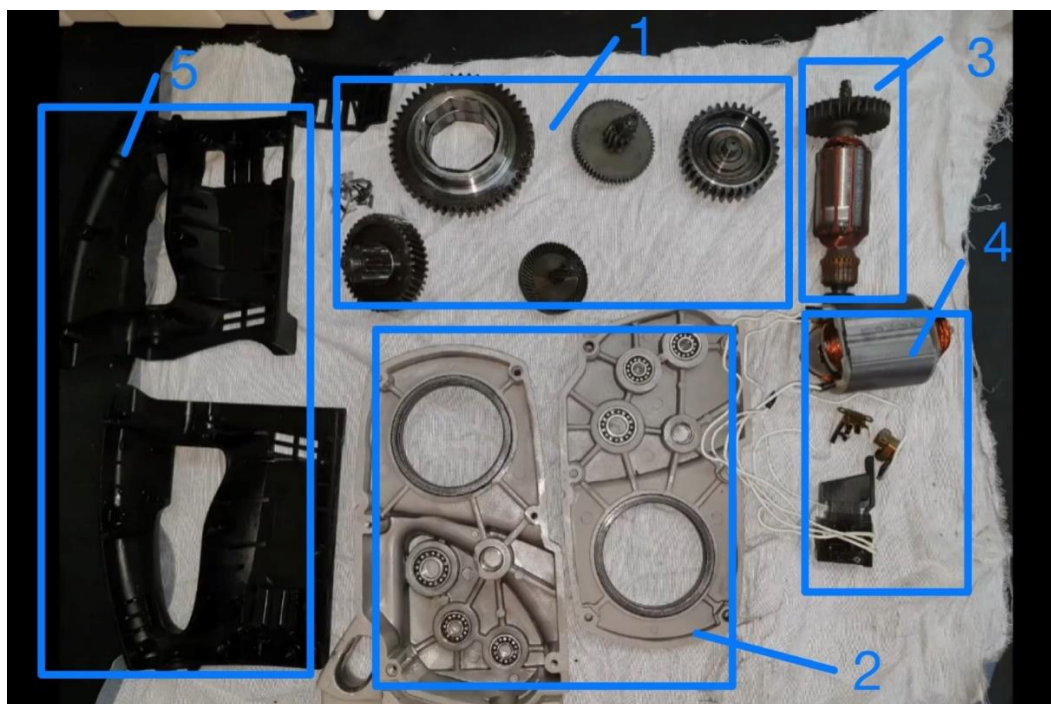


Рисунок 1.11 Состав электрический клупп : 1- передаточные колеса; 2- корпус резьбонарезной насадки и подшипники; 3- якорь; 4- двигатель и кнопка включения; 5- корпус двигателя и рукоятка



а) Редуктор

б) Двигатель

Рисунок 1.12 Внутренняя конструкция электрического клуппа

При работе, после включения двигателя, вращение от вала якоря с конической шестерней передается на коническую передачу. После конической передачи и четырехступенчатой цилиндрической передачи вращение передается на резьбовую головку.

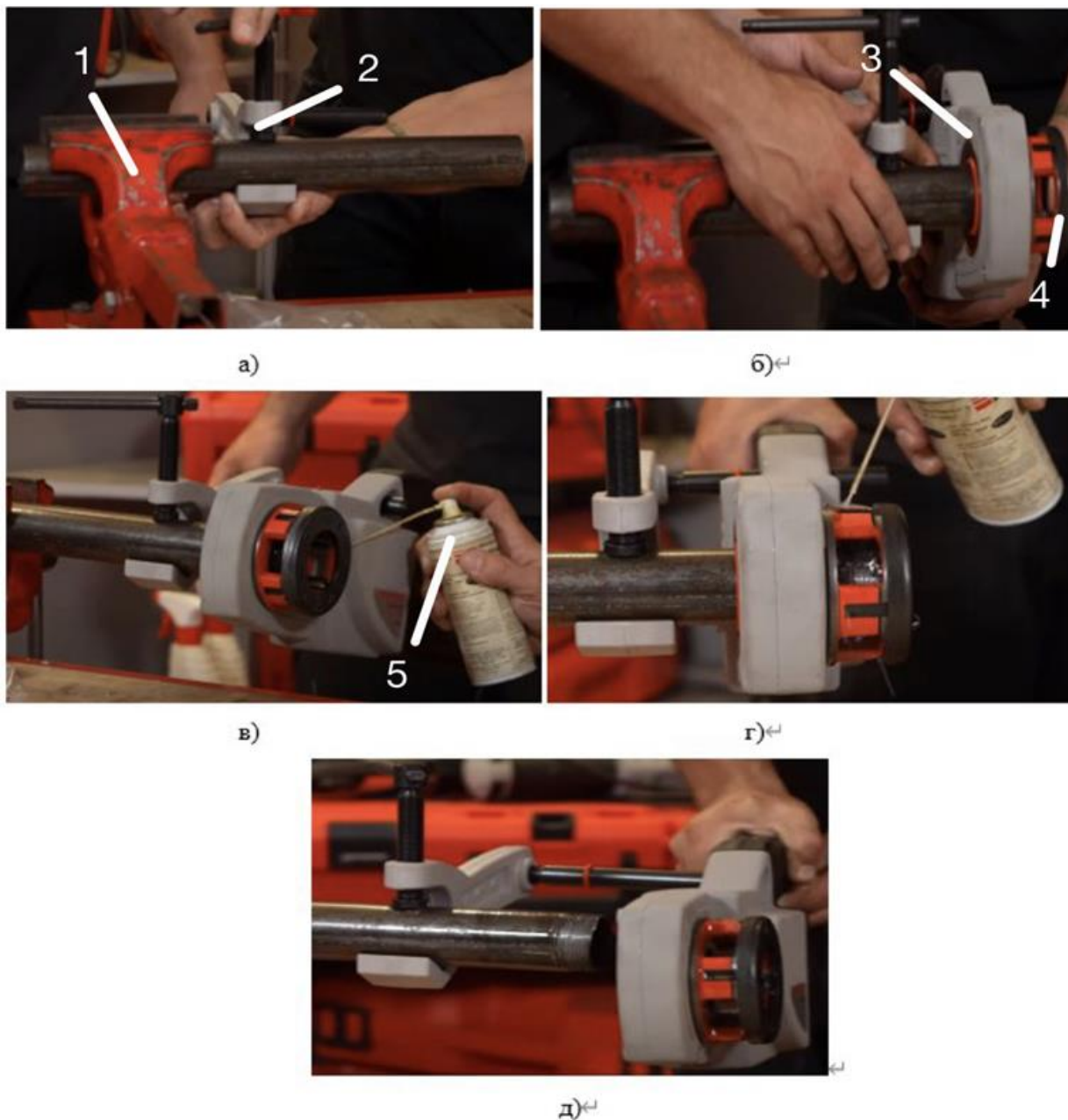


Рисунок 1.13 Процесс нарезания

Сначала закрепляем трубу в тисках 1 и устанавливаем на ней струбцину – фиксатор 2. Затем подводим рабочую часть ручной машины 3 к торцу трубы и удерживаем машину. Потом нажимаем на головку 4 рукой, чтобы зацепить трубу. Добавляем СОЖ 5 вокруг головки продолжаем смазывать маслом во время

нарезания резьбы. Когда закончим нарезание, необходимо остановить вращение и переключиться в реверсивный режим. Удерживать ручную машину до тех пор, пока электрический клупп не отсоединится.

Прицеп закрепления:



Рисунок 1.14 Рабочая схема нарезания резьбы электрическим клуппом

Струбцина устанавливается в требуемом положении при помощи звена 2. На другом конце струбцины закреплён рычаг 1, который входит в отверстие на корпусе ручной машины и воспринимает реактивный момент во время работы.

## 1.6 Расчёт и обоснование технических параметров червячной передачи

### 1.6.1 Инженерный расчёт параметров червячной передачи

Червячные передачи (ЧП) служат для передачи движения с изменением угловой скорости (момента) между двумя скрещивающимися (обычно под углом  $90^\circ$ ) осями. Сопряжёнными элементами такого типа передачи являются червяк и червячное колесо. Передаточное число ЧП представляет собой отношение числа зубьев червячного колеса  $z_2$  к числу заходов червяка  $z_1$ :

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

где  $n_1$  и  $n_2$  - частоты вращения червяка и червячного колеса соответственно. Обычно передаточное число находится в интервале от 7 до 100 (чаще 10-80), но может быть значительно больше.

Для резьбонарезной насадки выбрано передаточное отношение  $i = 10$ .

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1 \eta}$$

где  $\omega_1$  и  $\omega_2$  – угловые скорости червяка и колеса,  $T_2$  и  $T_1$  крутящие моменты передаваемые соответственно червячным колесом и червяком,  $\eta$  – к.п.д. передачи.

$$T_2 = T_1 \cdot \eta \cdot u$$

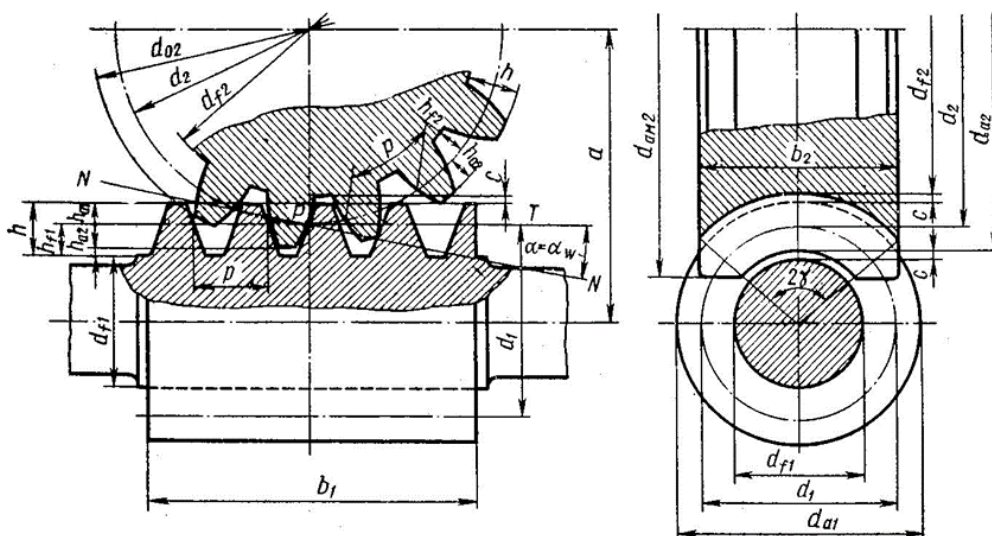


Рисунок 1.15 Схема червячной передачи



В отличие от косозубой зубчатых передач, где для расчета модуля используется модуль  $m$ , в червячных передачах используется коэффициент  $p/\pi$ , где  $p$  - окружной шаг зубьев колеса или осевой шаг витков червяка (рис. 2, а, б, в), который называется расчетным шагом.

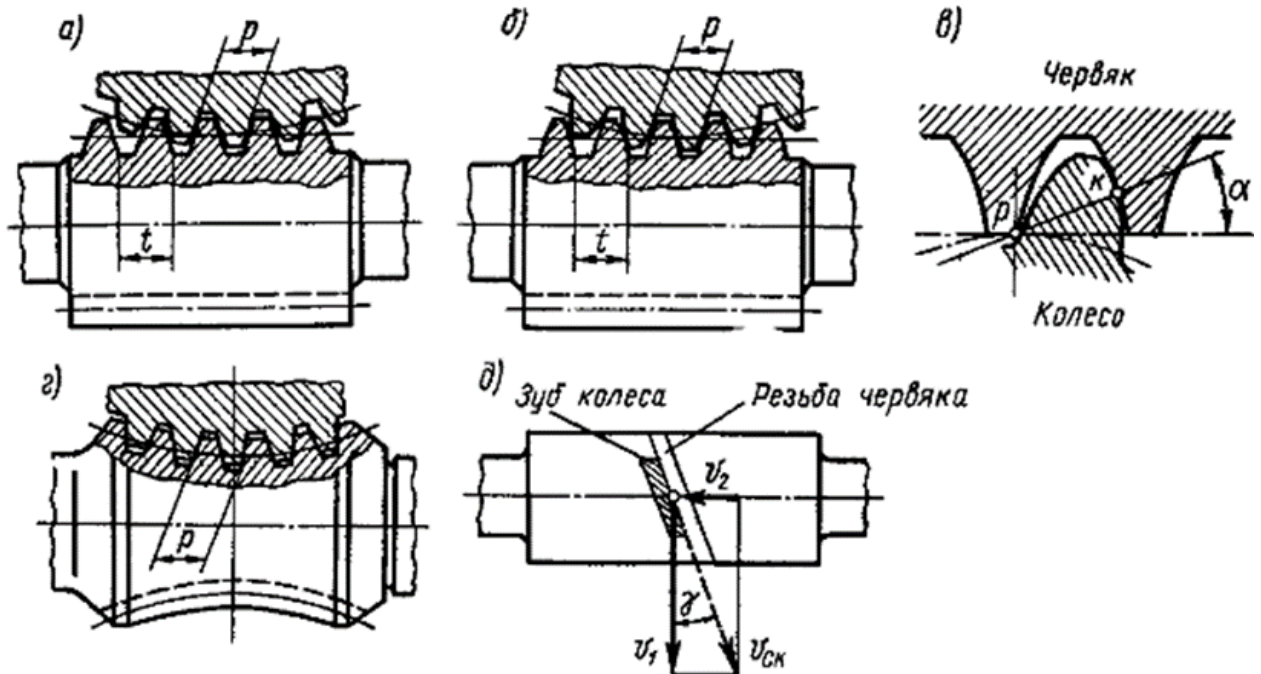


Рисунок 1.16 Делительный шаг  $p$  в червячной передаче

Для червяков и колёс червячных цилиндрических передач модули  $m$  мм, нормализованы ГОСТ 19672-74 (СГ СЭВ 267-76) (частичное извлечение): 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0.

По ГОСТ 2144-76 предусмотрено два ряда передаточных чисел и в пределах 8 — 80, осуществляемых при  $z_1 = 1,2$  или 4 (в ГОСТ не входит червяки с  $z_1 = 3$ ) и  $z_2 = 30 — 80$ : 1-й ряд: 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 2-й ряд: 9; 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5; 45; 56; 71. Первый ряд должен иметь приоритет над второй.

Принимаем передаточное число  $u = 10$ , число червяка и колеса  $z_1 = 4$ ,  $z_2 = 40$ ; модуль  $m = 2$ ; коэффициент диаметра червяка  $q = 20$  [8, с. 49]. Крутящий момент на выходе  $T_1 = 25 \text{ Н} \cdot \text{М}$ , получим  $T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta$  [8, с. 51] =  $25 \times 10 \times 0,8 = 200 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ; Выбираем материал червячной передачи – БрО10Ф1 (ГОСТ 613-79).

Таблица 5 – формулы для расчёта червячных передач

Параметры		Обозначение	Формула
Межосевое расстояние, мм		$a_w$	$a_w = 0,5(z_2 + q + 2x)m$
Делительный угол подъёма		$\gamma$	$tg\gamma = \frac{z_1}{q}$
Начальный угол подъёма		$\gamma_w$	$tg\gamma_w = \frac{z_1}{q + 2x}$
Делительный диаметр, мм	червяка	$d_1$	$d_1 = qm$
	червячного колеса	$d_2$	$d_2 = z_2m$
Начальный диаметр червяка, мм		$d_{w1}$	$d_{w1} = (q + 2x)m$
Высота витка червяка, мм		$h_1$	$h_1 = h_1^*m$
Высота головки витка червяка, мм		$h_{a1}$	$h_{a1} = h_{a1}^*m$
Диаметр вершин, мм	витков червяка	$d_{a1}$	$d_{a1} = d_1 + 2h_{a1}^*m$
	зубьев червячного колеса	$d_{a2}$	$d_{a2} = d_2 + 2(h_{a1}^* + x)m$
Наибольший диаметр червячного колеса, мм		$d_{ae2}$	$d_{ae2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + K}$ , где $K = 2$ – для червяков ZA, ZI, ZK; $K = 1$ – для червяков ZT
Длина нарезанной части червяка, мм		$b_1$	$b_1 = 2 \sqrt{\left(\frac{d_{ae2}}{2}\right)^2 - \left(a_w - \frac{d_{a1}}{2}\right)^2} + \frac{\pi m}{2}$
Ширина венца червячного колеса, мм		$b_2$	$b_2 = 0,75 d_{a1}$ - при $z_1 \leq 3$ $b_2 = 0,67 d_{a1}$ - при $z_1 \leq 4$

Определить требуемое межосевое расстояние:

$$a_w = 0,5(z_2 + q + 2x)m = 0,5 \times (40 + 20 + 0) \times 2 = 60 \text{ мм}$$

где  $x$  – вспомогательный коэффициент.

Расчёт червячных передач на контактную прочность определяем на следующей формуле:

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{z_2}{q}} \sqrt{\frac{T_2 K \left(\frac{z_2}{q} + 1\right)^3}{a_w^3}} \leq [\sigma_H] \quad [8, \text{ с. 55}]$$

где  $\sigma_H$  и  $[\sigma_H]$  – в МПа,  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $a_w$  – в мм и  $T_2$  – в Н · мм,  $K$  – коэффициент нагрузки.

Коэффициент нагрузки для червячных передач

$$K = K_\beta K_v \quad [8, \text{ с. 57}],$$

где  $K_\beta$  — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий;  $K_v$  — коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении.

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{z_2}{\theta}\right)^3 (1 - x) [8, \text{ с. 57}]$$

где  $\theta$  — коэффициент деформации червяка;  $x$  — вспомогательный коэффициент.

При постоянной нагрузке,  $K_\beta = 1,0$ .  $K_v$  зависит от точности изготовления передачи и от скорости скольжения  $v_s$ .  $v_s = 2$  когда выбран материалом БрО10Ф1. Тогда  $K_v = 1$  [8, с. 58].  $K = K_\beta K_v = 1$ .

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{40}{20}} \sqrt{\frac{200000 \times \left(\frac{40}{20} + 1\right)^3}{56^3}} = 471 \text{ МПа}$$

Коэффициент долговечности при вычислении  $[\sigma_H]$  определяют по формуле:



$$K_{HL} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_{\Sigma}}} \quad [8, \text{ с. } 60]$$

где  $N_{\Sigma}$  – суммарное число циклов перемен напряжений.

Величину  $N_{\Sigma}$  вычисляют по формуле:

$$N_{\Sigma} = 60n_2t$$

где  $n_2$  – частота вращения червячного колеса, об/мин;  $t$  – срок службы передачи, ч.

$$K_{HL} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_{\Sigma}}} = 0,95.$$

$$\sigma_T = 147 \text{ МПа} [8, \text{ с. } 59], [\sigma_H] = 4\sigma_T = 588 \text{ МПа}$$

Проверка:

$$\sigma_H = 471 \text{ МПа} < [\sigma_H] = 588 \text{ МПа}$$

Расчёт зубьев червячного колеса на выносливость по напряжениям изгиба (зубья колеса обладают меньшей прочностью, чем витки червяка) выполняют по формуле:

$$\sigma_F = \frac{0,6F_{t2}KY_F\xi}{b_2m} \leq [\sigma_F]$$

где  $\sigma_F$  — расчётное напряжение изгиба;  $T_2$  — расчётный момент на валу червячного колеса;  $F_{t2}$  — окружная сила на червячном колесе;  $K$  — коэффициент нагрузки; величину  $F_{t2}$  определяют по известному моменту на валу червячного колеса:

$$F_{t2} = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2T_2}{z_2m} = \frac{400}{0,08} = 5 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$Y_F$  — коэффициент формы зуба, в зависимости от эквивалентного числа зубьев червячного колеса:

$$z_v = \frac{z_2}{\cos^3\gamma}$$

$\xi$  - коэффициент, учитывающий ослабление зубьев в результате износа; для закрытых передач  $\xi = 1,0$ , для открытых передач  $\xi \approx 1,5$ .

$$z_v = \frac{40}{(0,97)^3} \approx 45$$

Тогда  $Y_F = 1,48$ . [8, с. 56]

Поэтому:

$$\sigma_F = \frac{0,6F_{t2}KY_F\xi}{b_2m} = \frac{0,6 \times 5000 \times 2,22 \times 1}{29 \times 2} = 115 \text{ МПа}$$

Расчёт допускаемого напряжения изгиба:

$$[\sigma_F] = \sigma_T K_{FL}$$

$$\sigma_T = 147 \text{ МПа [8, с. 59]}$$

Значения  $K_{FL}$  при бронзовом венце определяют по формуле:

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_\Sigma}} \quad [8, с. 60]$$

Значения  $K_{FL}$  находятся в диапазоне от  $\max K_{FL} = 1,0$  до  $\min K_{FL} = 0,543$ , так как для передачи механической приводной системы, если число циклов каждого зуба колеса меньше  $10^6$ , необходимо принять  $N_\Sigma = 10^6$ . Если число циклов больше  $25 \cdot 10^7$ , необходимо принять  $N_\Sigma = 25 \cdot 10^7$ .

$$K_{FL} = 0,8$$

$$[\sigma_F] = \sigma_T K_{FL} = 147 \times 0,8 = 118 \text{ МПа}$$

Проверка:

$$\sigma_F = 115 \text{ МПа} < [\sigma_F] = 118 \text{ МПа}$$

## 1.6.2 Расчёт червячной передачи в Компас 19

Расчёты параметров ЧП в Компас 19 представлены в таблицах 6-11. В таблице 6, число витков червяка  $z_1 = 4$ , число витков колеса  $z_2 = 40$  внешний окружной модуль  $m=2$ , коэффициент диаметра червяка  $q = 16$ , степень точности 7-С.

Таблица 6. Результаты расчета геометрических параметров ЧП

Наименование и обозначение параметра		Червяк <sup>*1</sup>	Червячное <sup>*2</sup> колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число витков (зубьев)	$z_1, z_2$	4	40
Модуль, мм	$m$	2	
Коэффициент диаметра червяка	$q$	16	
Вид червяка	—	ЗА	
Исходный контур	—	ГОСТ 19036-94	
Угол профиля исходного контура	$\alpha_x$	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки витка червяка исходного контура	$h_{a1}^*$	1	
Коэффициент радиального зазора у поверхности впадин червяка (исходного контура червячного колеса)	$c^*$	0,2	0,2
Коэффициент расчётной толщины витка червяка	$s^*$	1,571	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой витка червяка	$\rho_{f1}^*$	0,3	
Степень точности	—	7-С	7-С
Коэффициент смещения червяка	$x$	0	
Направление линии витка	—	правое	
<i>Определяемые параметры</i>			
Межосевое расстояние, мм	$a_w$	56 ± 0,045	
Передаточное число	$u$	10	
Делительный диаметр, мм	$d$	32	80
Начальный диаметр червяка, мм	$d_{w1}$	32	
Делительный угол подъема	$\gamma$	14°02'10"	
Начальный угол подъема	$\gamma_w$	14°02'10"	
Высота витка червяка, мм	$h_1$	4,4	
Высота головки витка червяка, мм	$h_{a1}$	2	
Диаметр вершин, мм	$d_a$	36	84
Диаметр впадин, мм	$d_f$	27,2	74,8
Наибольший диаметр червячного колеса, мм	$d_{ae2}$	86	
Длина нарезанной части червяка, мм	$b_1$	40	
Ширина венца зубчатого колеса, мм	$b_2$	22	
Радиус кривизны переходной кривой червяка, мм	$\rho_{f1}$	0,6	
Радиус выемки поверхности вершин зубьев червячного колеса, мм	$R_{a2}$	14	
Радиус выемки впадин червячного колеса, мм	$R_{f2}$	18,6	
Угол скашивания торцев зубчатого венца червячного колеса	$\Phi_2$	38°56'41"	

Продолжение табл. 6.

Наименование и обозначение параметра		Значение
<i>Контролируемые и измерительные параметры</i>		
Расчётный шаг червяка, мм	$P_1$	6,283
Ход витка, мм	$P_{z1}$	25,133
Делительная толщина по хорде витка червяка, мм	$\bar{S}_{a1}$	$3,048_{-0,21}^{+0,14}$
Высота до хорды витка червяка, мм	$\bar{h}_{a1}$	2,004
Диаметр измерительного ролика, мм	$D$	3,464
Размер червяка по роликам, мм	$M_1$	$37,236_{-0,467}^{+0,397}$
Условие $M_1 > d_{a1}$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено
Делительная толщина по хорде зуба червячного колеса в нормальном сечении, мм	$\bar{S}_{a2}$	$3,047_{-0,06}$
Высота до хорды зуба червячного колеса, мм	$\bar{h}_{a2}$	2,018
Минимальное значение коэффициента смещения червяка	$x_{min}$	-1,34
Условие отсутствия подрезания зубьев червячного колеса $x \geq x_{min}$	—	выполнено
Максимальное значение межосевого расстояния	$a_{wmax}$	59,76
Торцовая толщина по хорде на поверхности вершин зуба червячного колеса	$\bar{S}_{af2}$	1,521
Минимально рекомендованное значение торцовой толщины зуба на поверхности вершин, мм	$0,6 \cdot m$	1,2
Условие отсутствия заострения зубьев червячного колеса $a_w \leq a_{wmax}$ , $\bar{S}_{af2} \geq 0,6 \cdot m$	—	выполнено
Наименьшая суммарная длина контактных линий	$l_{min}$	39,582
Коэффициент перекрытия	$\epsilon$	1,847
Рекомендованное минимальное значение коэффициента перекрытия	—	1,2

Таблица 7 Результаты расчета на прочность цилиндрической ЧП при действии максимальной нагрузки

Наименование и обозначение параметра		Червяк *1	Червячное *2 колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число витков (зубьев)	$z_1, z_2$	4	40
Модуль, мм	$m$	2	
Коэффициент диаметра червяка	$q$	16	
Вид червяка	—	ZA	
Угол профиля исходного контура	$\alpha_x$	20°00'00"	
Степень точности	—	7-C	7-C
Коэффициент смещения червяка	$x$	0	
Межосевое расстояние, мм	$a_w$	56	
Передаточное число	$u$	10	
Твердость поверхности червяка, HRC	—	45	
Материал венца червячного колеса	—	БрО10Ф1 ГОСТ 613-79	
Расчетная нагрузка (крутящий момент на червячном колесе), Н*м	$T_{max}$	200	
Частота вращения червяка, об/мин	$n_{max}$	254	
<i>Определяемые параметры</i>			
Скорость скольжения, м/с	$v_s$	0,439	
<i>Расчёт на контактную прочность</i>			
Расчётное контактное напряжение, МПа	$\sigma_{Hmax}$	546,432	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	$\sigma_{HPmax}$	600	
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	$n_H$	1,098	
<i>Расчёт на прочность при изгибе</i>			
Расчётное напряжение изгиба, МПа	$\sigma_{Fmax}$	124,642	
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	$\sigma_{FFmax}$	120	
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	$n_F$	0,963	



В таблице 8:  $z_1 = 4$ ,  $z_2 = 40$  внешний окружной модуль  $m=2$ , коэффициент диаметра червяка  $q = 20$ , степень точности 7-С.

Таблица 8. Результаты расчета геометрических параметров ЧП

Наименование и обозначение параметра		Червяк * <sup>1</sup>	Червячное * <sup>2</sup> колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число витков (зубьев)	$z_1, z_2$	4	40
Модуль, мм	$m$	2	
Коэффициент диаметра червяка	$q$	20	
Вид червяка	—	ZA	
Исходный контур	—	ГОСТ 19036-94	
Угол профиля исходного контура	$\alpha_x$	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки витка червяка исходного контура	$h_{a1}^*$	1	
Коэффициент радиального зазора у поверхности впадин червяка (исходного контура червячного колеса)	$c^*$	0,2	0,2
Коэффициент расчётной толщины витка червяка	$s^*$	1,571	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой витка червяка	$\rho_{f1}^*$	0,3	
Степень точности	—	7-С	7-С
Коэффициент смещения червяка	$x$	0	
Направление линии витка	—	правое	
<i>Определяемые параметры</i>			
Межосевое расстояние, мм	$a_w$	60 ± 0,045	
Передаточное число	$u$	10	
Делительный диаметр, мм	$d$	40	80
Начальный диаметр червяка, мм	$d_{w1}$	40	
Делительный угол подъема	$\gamma$	11°18'36"	
Начальный угол подъема	$\gamma_w$	11°18'36"	
Высота витка червяка, мм	$h_1$	4,4	
Высота головки витка червяка, мм	$h_{a1}$	2	
Диаметр вершин, мм	$d_a$	44	84
Диаметр впадин, мм	$d_f$	35,2	74,8
Наибольший диаметр червячного колеса, мм	$d_{ae2}$	86	
Длина нарезанной части червяка, мм	$b_1$	40	
Ширина венца зубчатого колеса, мм	$b_2$	29	
Радиус кривизны переходной кривой червяка, мм	$\rho_{f1}$	0,6	
Радиус выемки поверхности вершин зубьев червячного колеса, мм	$R_{a2}$	18	
Радиус выемки впадин червячного колеса, мм	$R_{f2}$	22,6	
Угол скашивания торцев зубчатого венца червячного колеса	$\Phi_2$	42°24'32"	

Продолжение табл. 8

Наименование и обозначение параметра		Значение
<i>Контролируемые и измерительные параметры</i>		
Расчётный шаг червяка, мм	$P_1$	6,283
Ход витка, мм	$P_{z-1}$	25,133
Делительная толщина по хорде витка червяка, мм	$\bar{s}_{a1}$	$3,081_{-0,21}^{-0,14}$
Высота до хорды витка червяка, мм	$\bar{h}_{a1}$	2,002
Диаметр измерительного ролика, мм	$D$	3,464
Размер червяка по роликам, мм	$M_1$	$45,138_{-0,467}^{-0,397}$
Условие $M_1 > d_{a1}$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено
Делительная толщина по хорде зуба червячного колеса в нормальном сечении, мм	$\bar{s}_{a2}$	$3,08_{-0,06}$
Высота до хорды зуба червячного колеса, мм	$\bar{h}_{a2}$	2,024
Минимальное значение коэффициента смещения червяка	$x_{min}$	-1,34
Условие отсутствия подрезания зубьев червячного колеса $x \geq x_{min}$	—	выполнено
Максимальное значение межосевого расстояния	$a_{wmax}$	63,76
Торцовая толщина по хорде на поверхности вершин зуба червячного колеса	$\bar{s}_{at2}$	1,521
Минимально рекомендованное значение торцовой толщины зуба на поверхности вершин, мм	$0,6 \cdot m$	1,2
Условие отсутствия заострения зубьев червячного колеса $a_w \leq a_{wmax}$ , $\bar{s}_{at2} \geq 0,6 \cdot m$	—	выполнено
Наименьшая суммарная длина контактных линий	$l_{min}$	48,951
Коэффициент перекрытия	$\varepsilon$	1,847
Рекомендованное минимальное значение коэффициента перекрытия	—	1,2

Таблица 9 Результаты на прочность цилиндрической ЧП при действии максимальной нагрузки

Наименование и обозначение параметра		Червяк *1	Червячное *2 колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число витков (зубьев)	$z_1, z_2$	4	40
Модуль, мм	$m$	2	
Коэффициент диаметра червяка	$q$	20	
Вид червяка	—	ZA	
Угол профиля исходного контура	$\alpha_x$	20°00'00"	
Степень точности	—	7-C	7-C
Коэффициент смещения червяка	$x$	0	
Межосевое расстояние, мм	$a_w$	60	
Передаточное число	$u$	10	
Твердость поверхности червяка, HRC	—	45	
Материал венца червячного колеса	—	БрО10Ф1 ГОСТ 613-79	
Расчетная нагрузка (крутящий момент на червячном колесе), Н*м	$T_{max}$	200	
Частота вращения червяка, об/мин	$n_{max}$	254	
<i>Определяемые параметры</i>			
Скорость скольжения, м/с	$v_s$	0,543	
<i>Расчёт на контактную прочность</i>			
Расчётное контактное напряжение, МПа	$\sigma_{Hmax}$	470,87	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	$\sigma_{HPmax}$	600	
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	$n_H$	1,274	
<i>Расчёт на прочность при изгибе</i>			
Расчётное напряжение изгиба, МПа	$\sigma_{Fmax}$	93,512	
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	$\sigma_{FPmax}$	120	
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	$n_F$	1,283	



В таблице 10:  $z_1 = 4$ ,  $z_2 = 40$  внешний окружной модуль  $m=2$ , коэффициент диаметра червяка  $q = 25$ , степень точности 7-С.

Таблица 10. Результаты цилиндрической ЧП

Наименование и обозначение параметра		Червяк <sup>*1</sup>	Червячное <sup>*2</sup> колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число витков (зубьев)	$z_1, z_2$	4	40
Модуль, мм	$m$	2	
Коэффициент диаметра червяка	$q$	25	
Вид червяка	—	ZA	
Исходный контур	—	ГОСТ 19036-94	
Угол профиля исходного контура	$\alpha_x$	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки витка червяка исходного контура	$h_{a1}^*$	1	
Коэффициент радиального зазора у поверхности впадин червяка (исходного контура червячного колеса)	$c^*$	0,2	0,2
Коэффициент расчётной толщины витка червяка	$s^*$	1,571	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой витка червяка	$\rho_{f1}^*$	0,3	
Степень точности	—	7-С	7-С
Коэффициент смещения червяка	$x$	0	
Направление линии витка	—	правое	
<i>Определяемые параметры</i>			
Межосевое расстояние, мм	$a_w$	65 ± 0,045	
Передаточное число	$u$	10	
Делительный диаметр, мм	$d$	50	80
Начальный диаметр червяка, мм	$d_{w1}$	50	
Делительный угол подъема	$\gamma$	9°05'25"	
Начальный угол подъема	$\gamma_w$	9°05'25"	
Высота витка червяка, мм	$h_1$	4,4	
Высота головки витка червяка, мм	$h_{a1}$	2	
Диаметр вершин, мм	$d_a$	54	84
Диаметр впадин, мм	$d_f$	45,2	74,8
Наибольший диаметр червячного колеса, мм	$d_{ae2}$	86	
Длина нарезанной части червяка, мм	$b_1$	40	
Ширина венца зубчатого колеса, мм	$b_2$	36	
Радиус кривизны переходной кривой червяка, мм	$\rho_{f1}$	0,6	
Радиус выемки поверхности вершин зубьев червячного колеса, мм	$R_{a2}$	23	
Радиус выемки впадин червячного колеса, мм	$R_{f2}$	27,6	
Угол скашивания торцев зубчатого венца червячного колеса	$\Phi_2$	42°47'05"	

Продолжение табл. 10

Наименование и обозначение параметра		Значение
<i>Контролируемые и измерительные параметры</i>		
Расчётный шаг червяка, мм	$P_1$	6,283
Ход витка, мм	$P_{z1}$	25,133
Делительная толщина по хорде витка червяка, мм	$\bar{S}_{a1}$	$3,102_{-0,21}^{+0,14}$
Высота до хорды витка червяка, мм	$\bar{h}_{a1}$	2,001
Диаметр измерительного ролика, мм	$D$	3,464
Размер червяка по роликам, мм	$M_1$	$55,074_{-0,467}^{+0,397}$
Условие $M_1 > d_{a1}$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено
Делительная толщина по хорде зуба червячного колеса в нормальном сечении, мм	$\bar{S}_{a2}$	$3,101_{-0,06}$
Высота до хорды зуба червячного колеса, мм	$\bar{h}_{a2}$	2,027
Минимальное значение коэффициента смещения червяка	$x_{min}$	-1,34
Условие отсутствия подрезания зубьев червячного колеса $x \geq x_{min}$	—	выполнено
Максимальное значение межосевого расстояния	$a_{w,max}$	68,76
Торцовая толщина по хорде на поверхности вершин зуба червячного колеса	$\bar{S}_{at2}$	1,521
Минимально рекомендованное значение торцовой толщины зуба на поверхности вершин, мм	$0,6 \cdot m$	1,2
Условие отсутствия заострения зубьев червячного колеса $a_w \leq a_{w,max}$ , $\bar{S}_{at2} \geq 0,6 \cdot m$	—	выполнено
Наименьшая суммарная длина контактных линий	$l_{min}$	60,763
Коэффициент перекрытия	$\epsilon$	1,847
Рекомендованное минимальное значение коэффициента перекрытия	—	1,2

Таблица 11 Результаты на прочность цилиндрической ЧП при действии максимальной нагрузки

Наименование и обозначение параметра		Червяк *1	Червячное *2 колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число витков (зубьев)	$z_1, z_2$	4	40
Модуль, мм	$m$	2	
Коэффициент диаметра червяка	$q$	25	
Вид червяка	—	ЗА	
Угол профиля исходного контура	$\alpha_x$	20°00'00"	
Степень точности	—	7-С	7-С
Коэффициент смещения червяка	$x$	0	
Межосевое расстояние, мм	$a_w$	65	
Передаточное число	$u$	10	
Твердость поверхности червяка, HRC	—	45	
Материал венца червячного колеса	—	БрО10Ф1 ГОСТ 613-79	
Расчетная нагрузка (крутящий момент на червячном колесе), Н*м	$T_{max}$	200	
Частота вращения червяка, об/мин	$n_{max}$	254	
<i>Определяемые параметры</i>			
Скорость скольжения, м/с	$v_s$	0,673	
<i>Расчёт на контактную прочность</i>			
Расчётное контактное напряжение, МПа	$\sigma_{Hmax}$	420,77	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	$\sigma_{HPmax}$	600	
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	$n_H$	1,426	
<i>Расчёт на прочность при изгибе</i>			
Расчётное напряжение изгиба, МПа	$\sigma_{Fmax}$	75,195	
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	$\sigma_{FFmax}$	120	
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	$n_F$	1,596	

Из таблиц 6-11 видно, что для варианта расчёта  $q = 16$  расчётные напряжения изгиба превышают допускаемые поэтому  $q = 16$  не подходит. Варианты  $q = 20$  и  $25$  соответствуют расчетным данным. В вариантах расчётов целесообразно применять материалы червячного колеса БрО10Ф1 по ГОСТ 613-79, при условиях: передаточное число  $u = 10$ , модуль  $m = 2$ . Выбрали  $q = 20$  подходящих варианта из всех расчётов. Также параметры червячной передачи  $q = 25$  подходят для применения, но в этом случае увеличиваются габаритные размеры устройства.



## 1.7 Исследование напряженно-деформированного состояния червячной пары

Проведен анализ напряженно-деформированного состояния червячной пары в приводе резбонарезной машины. Расчетная схема показана на рисунке 1.17. Результаты расчета на контактную прочность и на прочность при изгибе представлены на рисунках 1.18 и 1.19.

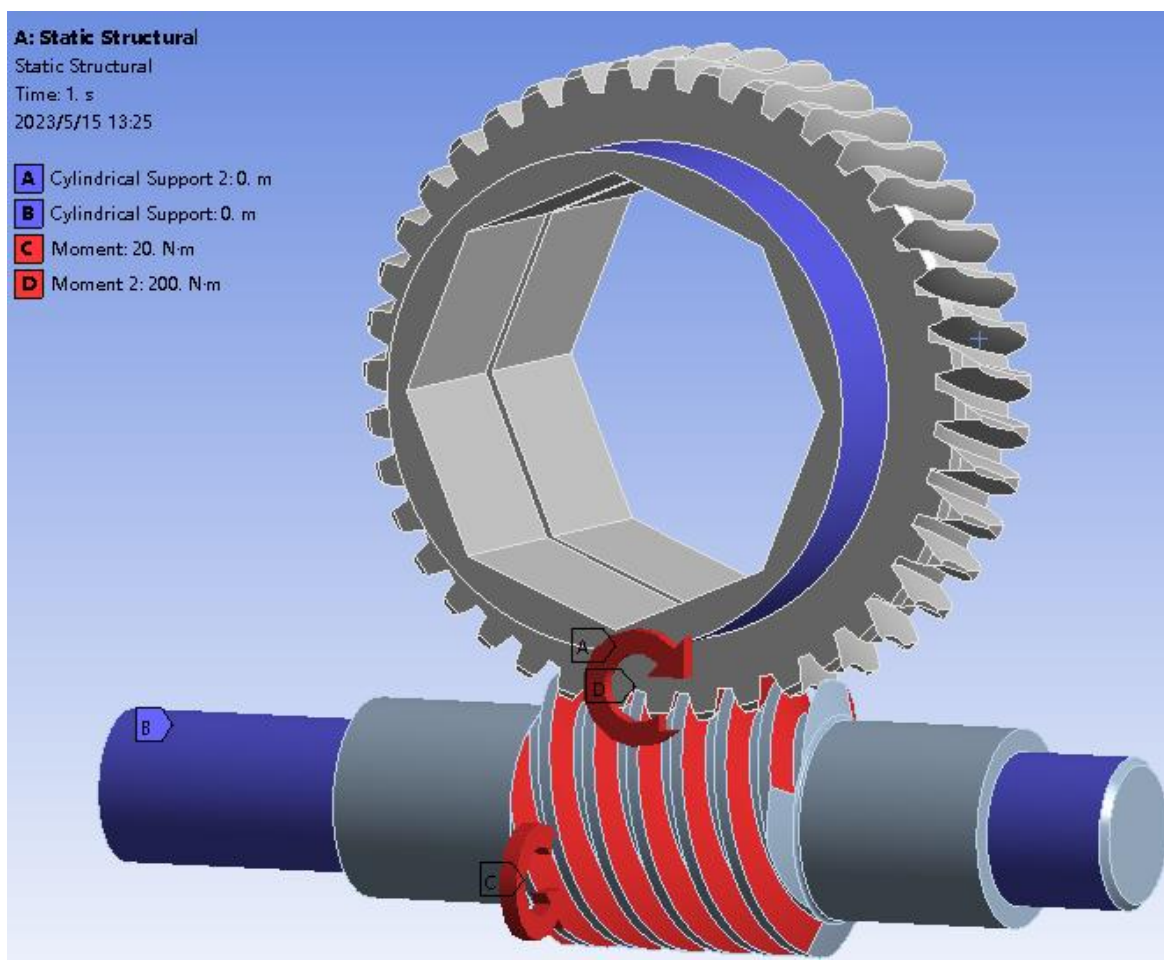


Рисунок 1.17 Расчетная схема для червячной передачи

В расчетной схеме червячное колесо и червяк установлены на цилиндрические опоры А и В. Крутящий момент на червяке принят 20 Нм, на червячном колесе 200 Нм.

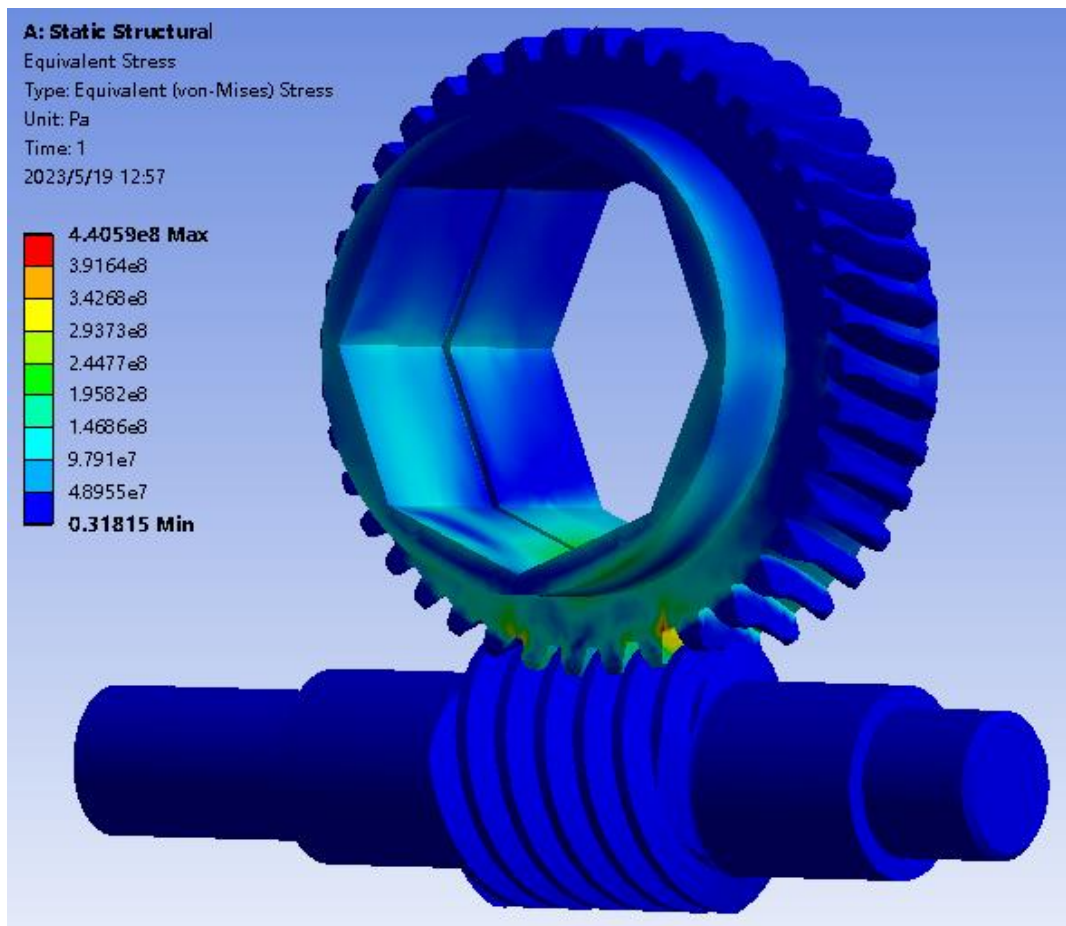


Рисунок 1.18 Контактная прочность червячной передачи

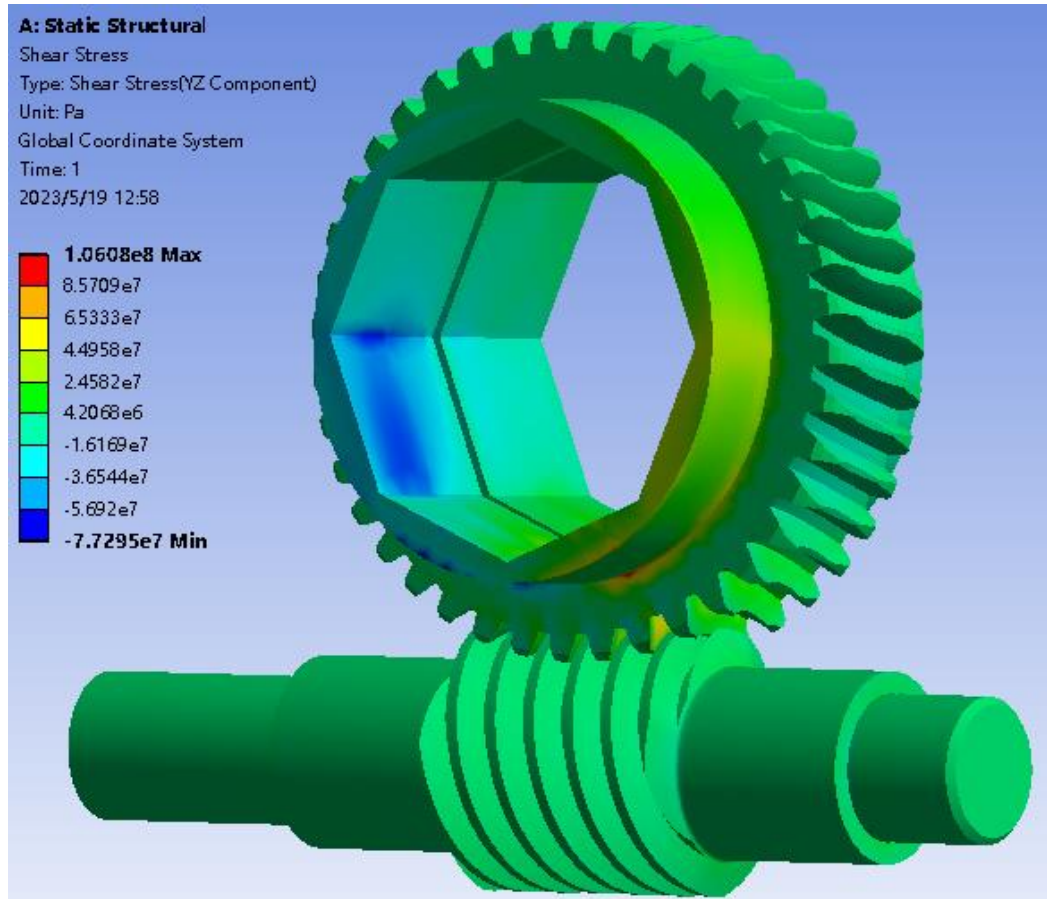


Рисунок 1.19 Прочность червячной передачи при изгибе

На контактную прочность было установлено, что максимальное контактное напряжение составляет 440 МПа, что меньше допустимого значения 600 МПа. Результаты расчета на прочность при изгибе показали, что максимальное напряжение изгиба равно 106 МПа и также меньше допустимого значения 120 МПа. "Фактор безопасности" показал, что в процессе прочностного анализа нет никаких отклонений, поэтому передача может успешно работать.

Напряжения определялись для червячного колеса, так как оно изготовлено из менее прочного материала (бронза БрО10Ф1), чем червяк (сталь 45).

### **Вывод по разделу**

1. В применяемой конструкции резьбонарезной машины частота вращения головки составляет  $n=15...20$  об/мин (supertronic),  $n=18...30$  об/мин (REMS),  $n=26...30$  об/мин (Rigid).

2. Номинальная частота вращения коллекторного двигателя составляет  $n=13000...15000$  об/мин.

3. Редуктором с ПТК с передаточным числом 59 использован в приводе ручной машины электробур. Чтобы получить рациональные обороты на рабочем органе, в насадке необходимо использовать ЧП с передаточным отношением 10. В этом случае частота вращения резьбовой головки  $n=20...25$  об/мин.

4. Расчеты технических параметров РРМ подтверждают возможность создания многофункционального привода на базе коллекторного двигателя, который может выполнять функцию нарезания резьбы.

## 2. Конструкторская часть

### 2.1 Разработка кинематической схемы резбонарезной машины

В таблицах 1-3 показаны, что в применяемой конструкции резбонарезной машины частота вращения головки составляет =15...20 об/мин (supertronic),  $n=18...30$  об/мин (REMS),  $n=26...30$  об/мин (Rigid).

Номинальная частота вращения коллекторного двигателя, в рассматриваемой конструкции привода, составляет  $n=13000...15000$  об/мин (При приложении крутящего момента, превышающего номинальный, к рабочему органу, частота вращения снизится до  $n=11000$  об/мин). Передаточное число ВППТК равно 59.

Подберем передаточное число привода:

$$i_{\text{привода}} = \frac{n_{\text{двигатель}}}{n_{\text{рабочий орган}}}$$
$$i_{\text{max привода}} = \frac{n_{\text{двигатель}}}{n_{\text{min рабочий орган}}} = \frac{15000}{15} = 1000$$
$$i_{\text{min привода}} = \frac{n_{\text{двигатель}}}{n_{\text{max рабочий орган}}} = \frac{15000}{30} = 500$$

Так как  $i_{\text{привода}} = i_{\text{ВППТК}} \times i_{\text{чп}}$ , где  $i_{\text{ВППТК}}$  - передаточное число ВППТК,  $i_{\text{чп}}$  - передаточное число червячной передачи.

Подберем передаточное число червячной пары:

$$i_{\text{max чп}} = \frac{i_{\text{max привода}}}{i_{\text{ВП}}} = \frac{1000}{59} \approx 17$$
$$i_{\text{min чп}} = \frac{i_{\text{min привода}}}{i_{\text{ВП}}} = \frac{500}{59} \approx 8,5$$

По ГОСТ 2144-76 предусмотрено два ряда передаточных чисел: 1-й ряд: 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 2-й ряд: 9; 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5; 45; 56; 71. Первый ряд должен иметь приоритет над второй. Выбираем передаточное число из первого ряда, равное 10.

Кинематическая схема конструкции ручной машины с резбонарезной насадкой показана на рис.2.1:

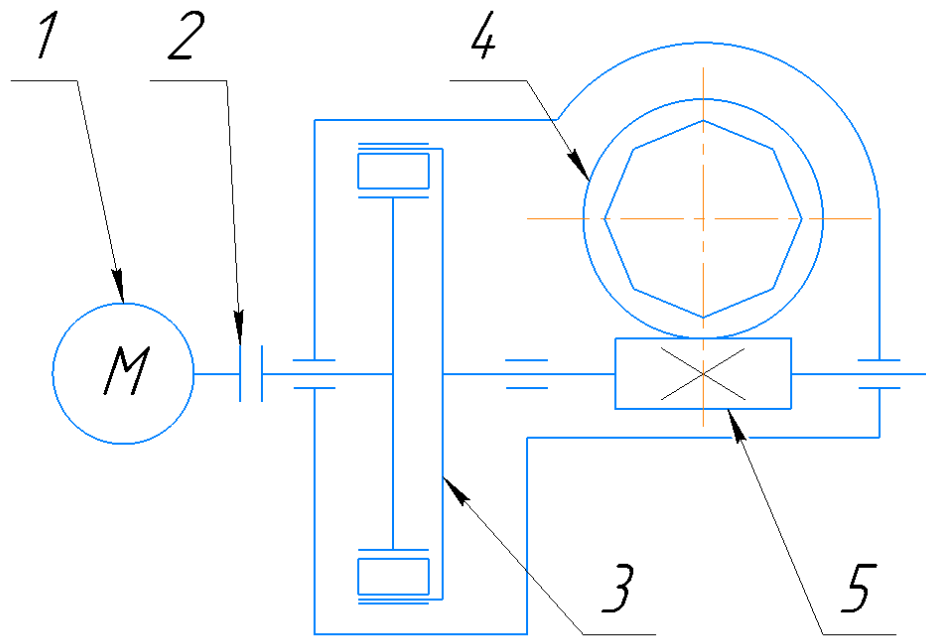


Рисунок 2.1 Кинематическая схема резьбонарезной ручной машины с ВППТК  
 1 – электронный двигатель; 2 – соединительные муфты;  
 3 – волновой редуктор с ПТК;  
 4 – червячное колесо; 5 – червяк.

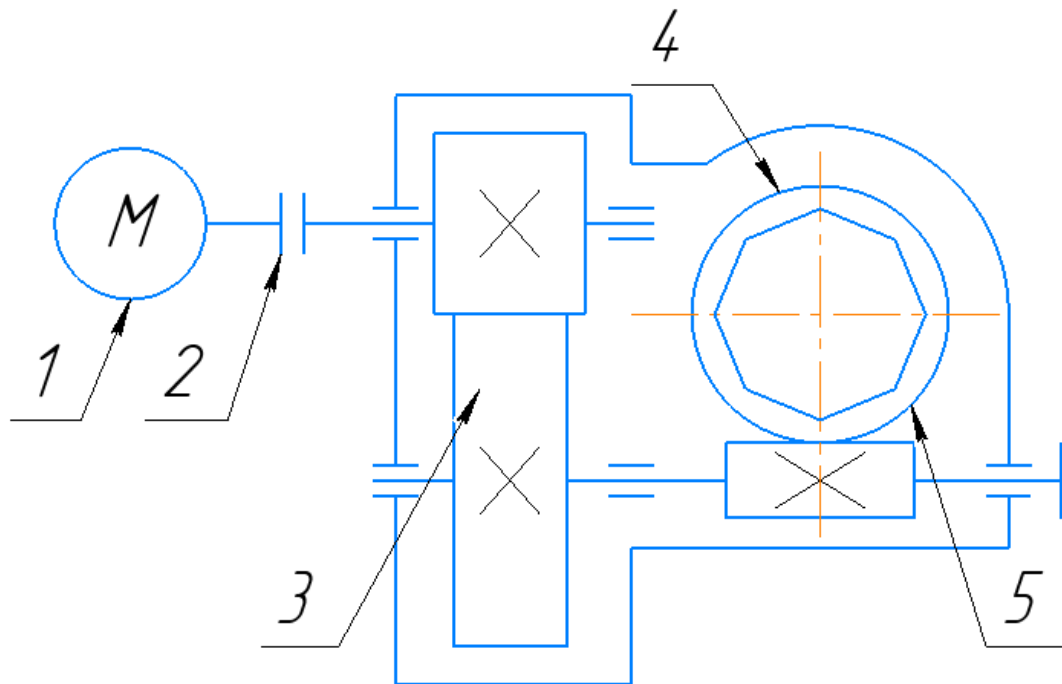


Рисунок 2.2 Кинематическая схема червячного цилиндрического редуктор (Amigo 2)  
 1 – электронный двигатель; 2 – соединительные муфты;  
 3 – цилиндрический редуктор;  
 4 – червячное колесо; 5 – червяк.



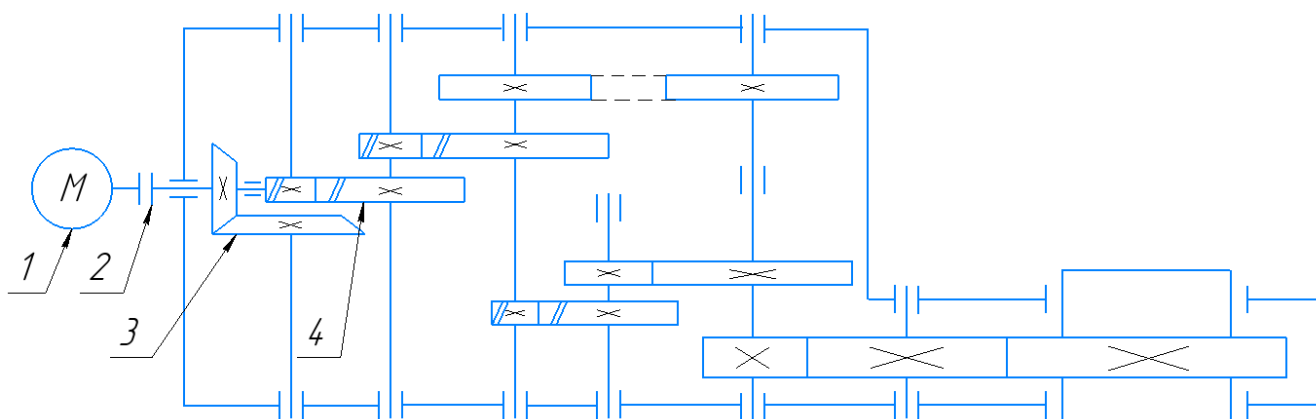


Рисунок 2.3 Кинематическая схема червячного цилиндрического редуктор (supertronic 1250)  
 1 – электронный двигатель; 2 – соединительные муфты;  
 3 – коническая передача; 4 – цилиндрическая зубчатая передача.

На рисунках 2.2 и 2.3 представлены кинематические схемы существующих резьбонарезных машин.

## 2.2 Разработка эскиза конструкции резьбонарезной насадки

Разработан 2д чертёж резьбонарезной насадки электрического клуппа с параметрами из таблицы 8. Эскиз чертежа представлен на рисунке 2.4.

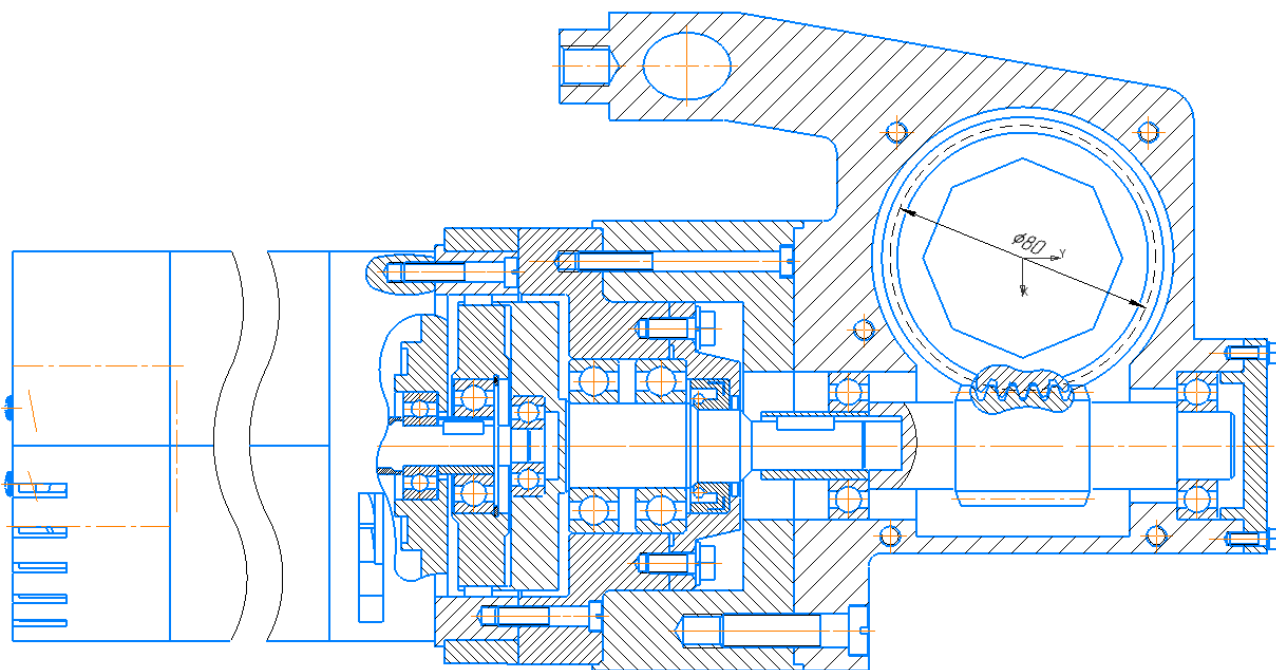


Рисунок 2.4 Резьбонарезная насадка, установленная на привод ручной машины

### 2.3 Разработка 3Д модели резьбонарезной насадки

Разработана 3д модель корпуса резьбонарезной насадки электрического клупша с параметрами ЧП: передаточное число  $u = 10$ , число червяка и колеса  $z_1 = 4$ ,  $z_2 = 40$ , модуль  $m = 2$ , коэффициент диаметра червяка  $q=20$ . Модель корпуса представлены на рисунке 2.5. Сборка корпуса с червячной передачей и подшипниками представлены на рисунках 2.6 и 2.7.

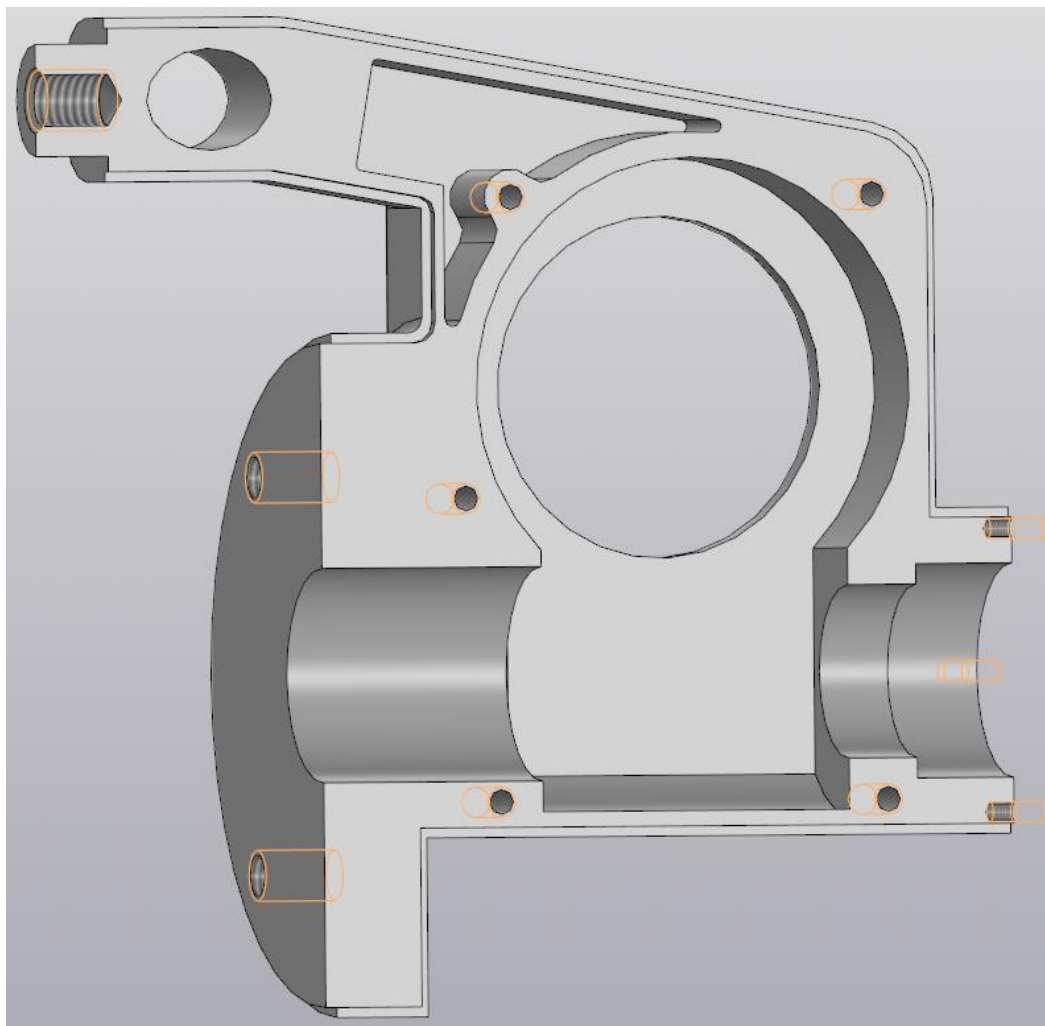


Рисунок 2.5 Корпус резьбонарезной насадки

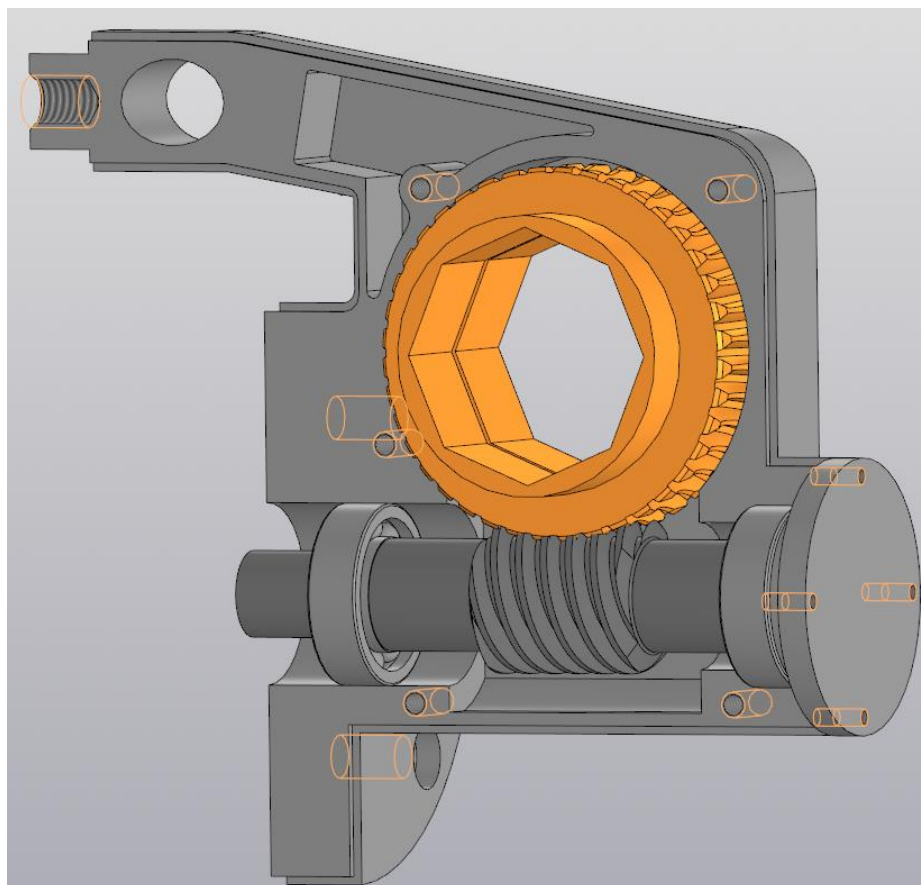


Рисунок 2.6 Сборка корпуса с червячной передачей и подшипниками

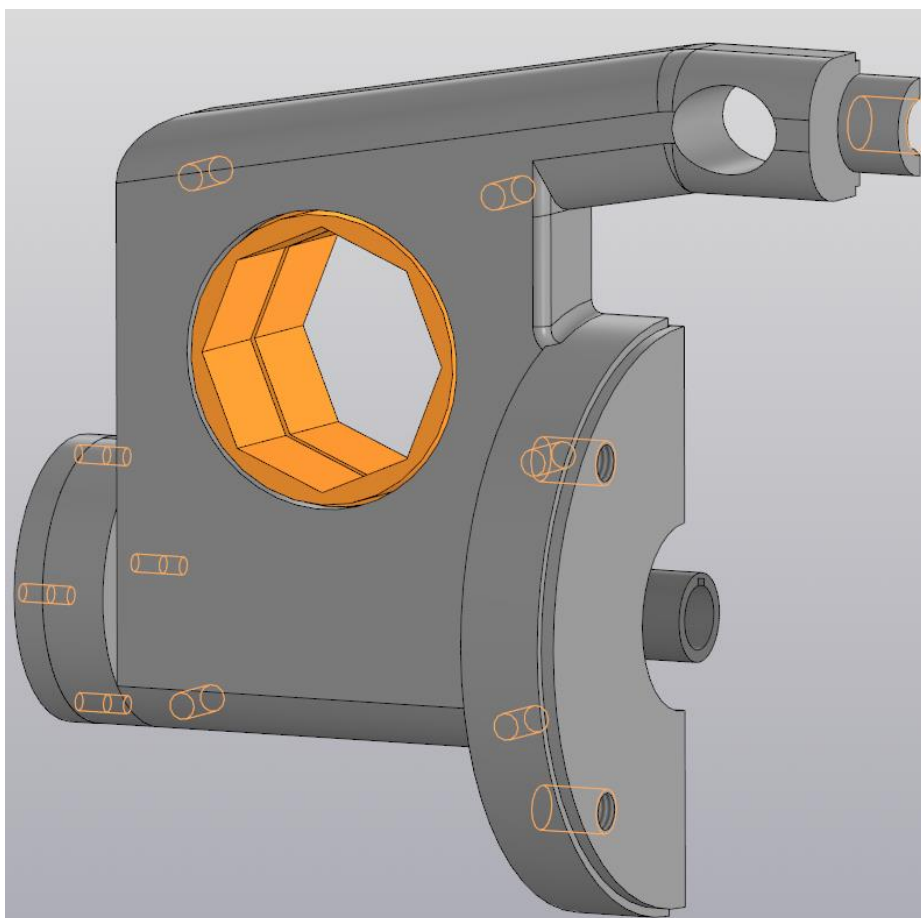


Рисунок 2.7 Сборка корпуса с червячной передачей и подшипниками

Последовательность сборки резьбонарезной машины описана ниже.

Корпус резьбонарезной насадки состоит из 2 частей, сначала устанавливается первая часть корпуса, в которой размещен червяк, установленный на подшипниках. Затем цилиндрическое колесо монтируется в корпусе насадки на подшипниках скольжения. После чего устанавливается вторая часть крышки корпуса и закручиваются винты.

Овальное отверстие предназначено для рычага струбины, который используется для фиксации положения РРМ при нарезании резьбы

#### **Вывод по разделу:**

1. Разработана кинематическая схема РМ, которая гарантирует работу устройства в необходимом режиме.
2. Определены передаточные числа механических передач, используемых в приводе РРМ.
3. Установлено, что в приводе ручной резьбонарезной машины может использоваться передача с ПТК.
4. Установлено, что червячная передача может использоваться при заданном передаточном отношении.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4AM11	Сун Вэньлинь

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Машиностроение</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	15.04.01Машиностроение

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

1. <i>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>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка для расчёта отчислений во внебюджетные фонды – 30%</i>

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

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчёт конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоёмкости. Разработка графика проведения исследования</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчёт бюджетной стоимости НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

**Перечень графического материала**

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Диаграмма Ганта</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Учёная степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	д-р экон. наук		28.02.2023

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4AM11	Сун Вэньлинь		28.02.2023

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Таким образом, основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчёт бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

#### **3.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Используя метод сегментирования, разделим потребителей разработки. Сегментировать рынок производителей валов для генератора волн можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, вид производства цилиндрических червяков (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Карта сегментирования вида разработок по производству червячной пары

		Вид червяков для червячной передачи			
		Архимедовы	Конволютный	Эвольвентный	Нелинейчатые
<b>Качество детали</b>	Крупные	I	II	I	II
	Средние	II	I	/	III
	Мелкие	/	III		III

Примечание:

I -Фирма А:

II -Фирма Б :

III -Фирма В :

### 3.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 3.2.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки о покрытиях различного состава:

- 1) Разработка ручной машины для нарезания резьбы;
- 2) Нарезание резьбы на токарных станках.

Детальный анализ необходим, так как каждая разработка нарезания резьбы имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 3.1 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 3.2 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Актуальность исследования	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Ударопрочность	0,12	3	3	2	0,36	0,36	0,24
3. Трещиностойкость	0,18	4	3	3	0,72	0,54	0,54
4. Стабильность соединения с приспособления	0,16	4	4	3	0,64	0,64	0,48

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
5. Удобство в эксплуатации изготовления	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
6. Эффективность работы	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
7. Безопасность	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,18
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена сырья	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,08	3	3	4	0,24	0,24	0,32
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>4,1</b>	<b>3,76</b>	<b>3,21</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (3.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

### 3.2.1 Анализ конкурентных технических решений

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведён SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 3.3.



Таблица 3.3 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Высокая технологичность и производительность нарезания резьбы электрическим клуппом.	Сл1. Для работы требуется наличие электричества.
С2. Возможность установить головки в определённых диапазонах размеров для разных резьб.	Сл2. Высокая цена
С3. Новая технология передачи крутящего момента на рабочий орган.	Сл3. Длина питающего кабеля.
С4. Мобильность и лёгкость конструкции.	Сл4. Высокий уровень шума электродвигателя
С5. Низкое энергопотребление.	Сл5. Ограничения среды разработки.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Использование изготовления детали для ИНШПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН.	У1. Появление зарубежных технологий и более ранний их выход на рынок.
В2. Возможность быстрого выверки.	У2. Отсутствие спроса на инновационные технологии
В3. Внедрение технологии в резьбовой области.	
В4. Возможность замены вышедших из строя деталей.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надёжность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3.4 – 3.7.

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	+	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	+	-	+	-	-
	B4	-	-	-	+	-

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	+	+	-	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-	-

Таблица 3.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	+	-	-
	У2	-	-	+	-	-

Таблица 3.7 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	-	-	-
	У2	-	-	-	-	+

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>С1. Высокая технологичность и производительность нарезания резьбы электрическим клуппом. С2. Возможность установить головки в определённых диапазонах размеров для разных резьб. С3. Новая технология передачи крутящего момента на рабочий орган. С4. Мобильность и лёгкость конструкции. С5. Низкое энергопотребление.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>Сл1. Для работы требуется наличие электричества. Сл2. Высокая цена Сл3. Длина питающего кабеля. Сл4. Высокий уровень шума электродвигателя Сл5. Ограничения среды разработки.</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Использование изготовления детали для ИНШПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН. В2. Возможность быстрого выверки. В3. Внедрение технологии в резьбовой области. В4. Возможность замены вышедших из строя деталей.</p>	<p><b>Направления развития</b></p> <p>В1С1С4. Удобство продукции позволяет расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует с повышением производительности.</p> <p>В3С1С3. Высокая практичность и ударопрочность продукции и экологичность технологии являются хорошим основанием для внедрения технологии в области нарезания резьбы.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b></p> <p>В1Сл1Сл2Сл3. Выбор удобного перерабатывающего цеха и повышение эффективности производства могут компенсировать бремя высоких затрат.</p>

	В4С4. Лёгкая конструкция продукции облегчает его сборку и разборку.	
<b>Угрозы</b>  У1. Появление зарубежных технологий и более ранний их выход на рынок. У2. Отсутствие спроса на инновационные технологии	<b>Угрозы развития</b>  У1У2С3. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наши продукты имеют лучшие механические свойства, больше перспектив развития.	<b>Уязвимости:</b>  У1Сл2. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения погрешности и неопределенности.  У2Сл5. Увеличьте размер корпуса продукции, чтобы сделать его более широко используемым.

SWOT-анализа позволил определить факторы отрицательно влияющие на продвижение разработки на рынок. на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. К таким факторам относятся:

- 1) увеличение производственных затрат
- 2) трудности с захватыванием доли рынка
- 3) ограниченная производственная среда

Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

### 3.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение исполнителя каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления. Результатом такого планирования

является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведён в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, Научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Изучение академической литературы и конкурентных решений в данной сфере	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, Научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

### 3.3.2 Определение трудоёмкости выполнения работ и разработка графика проведения

В большинстве случаев затраты на рабочую силу составляют большую часть затрат на разработку, поэтому определение трудоёмкости проводимых работ каждого из участников научного исследования является важным этапом составления бюджета.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоёмкости использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (3.2)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

Зная величину ожидаемой трудоёмкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (3.3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \times K_{kal} \quad (3.4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

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

$K_{kal}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$K_{kal.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (3.5)$$

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

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

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

Расчёты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 - Временные показатели проведения научного исследования

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		$t_{ожг}$ , чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	2	3	1,4	2	2	3
3. Изучение академической литературы и конкурентных решений в данной сфере	-	6	-	10	-	8	8	12
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	5	7	2,8	4,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	12	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25

8.Сопоставлени е результатов экспериментов с теоретическими исследованиям и	-	10	-	15	-	12	12	18
9.Оценка правильности полученных результатов	2	3	3	5	2,8	3,8	3,8	6
10.Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
<b>Итого:</b>	7	59	14	87	9,8	66	68,8	103

*Примечание:* Исп. 1 – Научный руководитель, Исп. 2 –Инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.11).



Таблица 3.11 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп.	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█													
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	3	█													
3	Обзор научной литературы	Исп2	12		█												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6			█											
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			█											
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				█										
7	Проведение эксперимента	Исп2	25					█									
8	Обработка полученных данных	Исп2	18							█							
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	6									█					
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												█		

Примечание: █ – Исп. 1 (научный руководитель), █ – Исп. 2 (инженер-дипломник)

### 3.4 Бюджет научно-технического исследования

#### 3.4.1 Расчёт материальных затрат научно-технического исследования

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при исследовании. Результаты расчёта затрат представлены в таблице 3.12. Таблица .

Таблица 3.12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы З <sub>м</sub> , руб.
Картридж для лазерного принтера	шт.	1	3500	3500
Бумага для принтера А4 (500 листов)	пачка	2	200	400
Комплекс канцелярских принадлежностей	шт.	5	300	1500
Лицензия автоматизированной программы	шт.	1	300	350
Итого, руб.				5750

В сумме материальные затраты составили 5750 рублей. Цены взяты средние по городу Томску.

### 3.4.2 Расчёт амортизации специального оборудования

Оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчёте затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме. При выполнении научно-исследовательского проекта использовался персональный компьютер (ноутбук) - Леново. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Расчёт амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33 \quad (3.6)$$

где  $n$  – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \times 55000}{12} \times 3 = 4538 \quad (3.7)$$

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

$m$  – время использования, мес.

Таблица 3.13 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	$m_{в.из}$ мес	$H_A$ %	$A_{амо.}$ .руб.
1	ПЭВМ	1	3	55	55	3	33	4538
<b>Итого</b>								4538

### 3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоёмкостью проекта и действующей системой оклада.

Таблица 3.14 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/6	24/12
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	211

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (3.7)$$

где  $Z_{осн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.(таблица 3.10, для инженера:  $T_{p2} = 66$  дней, для руководителя:  $T_{p1} = 10$  дней).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} \quad (3.8)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; (по таблице 3.14  $F_{\text{д}} = 245$  дней)

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

– при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}} \quad (3.9)$$

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

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;

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

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

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м1}} = Z_{\text{мс1}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}} = 28500 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 55575$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м2}} = Z_{\text{мс2}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}} = 11000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 21450$$

Среднедневная заработная плата для пятидневной рабочей недели у руководителя по формуле 3.8:

$$Z_{\text{дн1}} = \frac{Z_{\text{м1}} \times M}{F_{\text{д}}} = \frac{55575 \times 10,3}{245} = 2336 \text{ руб}$$

Среднедневная заработная плата для пятидневной рабочей недели у инженера по формуле 3.8:

$$Z_{\text{дн2}} = \frac{Z_{\text{м2}} \times M}{F_{\text{д}}} = \frac{21450 \times 11,2}{211} = 1139 \text{ руб}$$

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле 3,7:

$$Z_{\text{осн1}} = Z_{\text{дн1}} \times T_{\text{р1}} = 2336 \times 10 = 23360 \text{ руб}$$

Основная заработная плата инженера рассчитывается по формуле 3,7:

$$Z_{\text{осн2}} = Z_{\text{дн2}} \times T_{\text{р2}} = 1139 \times 66 = 75174 \text{ руб.}$$

Таким образом, затраты на общую основную заработную плату составляют:

$$Z_{\text{осн обще}} = Z_{\text{осн1}} + Z_{\text{осн2}} = 23360 + 75174 = 98534 \text{ руб}$$

Таблица 3.15. – Результаты расчёта основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{мс}}$ руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ руб	$Z_{\text{дн}}$ руб	$T_{\text{р}}$ раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ руб.
Руководитель	28500	0,3	0,2	1,3	55575	2336	10	23360
Инженер	11000	0,3	0,2	1,3	21450	1139	66	75174
Итого:								98534

#### 3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (3.10)$$

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

По формуле 3.10 определяется дополнительная заработная плата:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп1}} = K_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн1}} = 0,15 \times 23360 = 3504 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{\text{доп2}} = K_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн2}} = 0,15 \times 75174 = 11276,1 \text{ руб.}$$

Поэтому общая дополнительная заработная плата составляет:

$$Z_{\text{доп общ}} = Z_{\text{доп1}} + Z_{\text{доп2}} = 3504 + 11276,1 = 14780 \text{ руб}$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по формуле:

$$З_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (3.11)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – 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).

Проведём расчёт отчислений во внебюджетные фонды по формуле 3.11:

– для руководителя:

$$З_{\text{внеб1}} = K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн1}} + З_{\text{доп1}}) = 0,3 \times (23360 + 3504) = 8059,2 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$З_{\text{внеб2}} = K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн2}} + З_{\text{доп2}}) = 0,3 \times (75174 + 11276,1) = 25935 \text{ руб}$$

Таким образом, общие затраты на составляется отчисления во внебюджетные фонды:

$$З_{\text{внеб общ}} = З_{\text{внеб1}} + З_{\text{внеб2}} = 8059,2 + 25935 = 33994,2 \text{ руб}$$

В накладные расходы влечены 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. Величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} \quad (3.12)$$

$k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 0,16.

### 3.4.6 Бюджетная стоимость НИР

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Выбор и обоснование параметров резьбонарезной насадки для многофункциональной ручной машины» представляется в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Бюджет затрат на проектирование

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Сырье, материалы	Амортизация	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Бюджетная стоимость
5750	4538	98534	14780	33994,2	157596,2	25215,39	<b>182811,59</b>

### 3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путём определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

#### 3.5.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Нарезание резьбы на токарных станках.

2) Разработка с ручной резьбонарезной машиной;

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (3.13)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

По перечисленным вычислениям определяются общие затраты для всех вариантов:

$$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 182811,59 \text{ руб}, \quad \Phi_{\text{исп.2}} = 324285,40 \text{ руб}$$

$$\Phi_{\text{исп.3}} = 308562,50 \text{ руб}, \quad \Phi_{\text{max}} = \Phi_{\text{исп.2}} = 324285,40 \text{ руб}$$

По формуле 4,14 определяется интегральный финансовый показатель для текущего проекта:

$$I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}} = \frac{\Phi_{\text{текущ.проект}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{182811,59}{324285,40} = 0,56$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{324285,40}{324285,40} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{308562,50}{324285,40} = 0,95$$

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности.

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (3.14)$$

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

$a_i$  – весовой коэффициент проекта;



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

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности приведён в форме таблицы (табл. 3.17).

Таблица 3.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

<b>ПО</b> <b>Критерии</b>	<b>Весовой коэффициент параметра</b>	<b>Текущий проект</b>	<b>исп.2</b>	<b>исп.3</b>
1.Безопасность при использовании установки	0,10	4	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5	3	3
3. Стабильность работы	0,15	4	3	4
4. Долговечность	0,20	5	4	5
5. Механические свойства	0,30	5	4	5
6. Материалоёмкость	0,15	4	4	3
<b>ИТОГО</b>	<b>1</b>	<b>4,5</b>	<b>3,5</b>	<b>4</b>

По данным из таблицы 3.17 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для текущего проекта:

$$I_p^{\text{текущ.пр.}} = 0,1 \times 4 + 0,1 \times 5 + 0,15 \times 4 + 0,2 \times 5 + 0,3 \times 5 + 0,15 \times 4 = 4,6$$

По данным из таблицы 3.17 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для первого конкурентного проекта:

$$I_p^{\text{исп.2}} = 0,1 \times 3 + 0,1 \times 3 + 0,15 \times 3 + 0,2 \times 4 + 0,3 \times 4 + 0,15 \times 4 = 3,65$$

По данным из таблицы 3.17 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для второго конкурентного проекта:

$$I_p^{\text{исп.3}} = 0,1 \times 4 + 0,1 \times 3 + 0,15 \times 4 + 0,2 \times 5 + 0,3 \times 5 + 0,15 \times 3 = 4,25$$

В результате расчётов интегральных показателей ресурсоэффективности по трём вариантам разработки текущий проект с большим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения ресурсной эффективности.

Интегральные показатели эффективности всех вариантов вычисляются на основании показателей ресурсоэффективности и интегральных финансовых показателей по формуле 3.15:

$$I_{\text{эф.}i} = \frac{I_p^{\text{исп.}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}} \quad (3.15)$$

Где:  $I_{\text{эф.}i}$  – интегральный показатель эффективности  $i$ -ого варианта разработки;  $I_p^{\text{исп.}i}$  – интегральный показатель ресурсной эффективности  $i$ -ого варианта разработки;  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель  $i$ -ого варианта разработки;

По формуле 3.15 определяется интегральный показатель эффективности для текущего проекта:

$$I_{\text{эф.текущ.проект}} = \frac{I_p^{\text{текущ.проект}}}{I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}}} = \frac{4,6}{0,56} = 8,21$$

По формуле 3.15 определяется интегральный показатель эффективности для первого конкурентного проекта:

$$I_{\text{эф.исп.2}} = \frac{I_p^{\text{исп.2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{3,65}{1} = 3,65$$

По формуле 3.15 определяется интегральный показатель эффективности для второго конкурентного проекта:

$$I_{\text{эф.исп.3}} = \frac{I_p^{\text{исп.3}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}}} = \frac{4,25}{0,95} = 4,47$$

Далее среднее значение интегрального показателя эффективности каждого варианта НИР сравнивалось с средним значением интегрального показателя эффективности текущего проекта с целью определения сравнительной эффективности проектов (таблица 4.18).

Таблица 3.18 – Сравнительные эффективности разработок.

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,56	1	0,18
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	3,65	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	8,21	3,65	4,47
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,44	0,54

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансовым и ресурсным эффективным вариантом является текущий проект. Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

### **Выводы:**

В результате выполнения данного раздела проведён анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его сильные и слабые стороны; возможности и угрозы реализации. По сравнению с другими методами, результатом анализа конкурентных технологических решений является выбор наиболее подходящей и оптимизированной программы для проведения исследовательской работы.

Произведено планирование проекта и построен график Ганта. По итогам был установлен предполагаемый срок выполнения проекта –103 дня.

Бюджет затрат на реализацию проекта составил 182811,59 руб.

Показатель ресурсоэффективность по шести балльной шкале  $I_p^{\text{текущ.пр.}} = 4,6$  по сравнению с  $I_p^{\text{исп.2}} = 3,65$  и  $I_p^{\text{исп.3}} = 4,25$ , что говорит об эффективной реализации проекта. Значение интегрального показателя эффективности ИР  $I_{\text{эф.текущ.проект}} = 8,21$  по сравнению с 3,65 и 4,47, что означает, что данное техническое решение является наиболее эффективным вариантом исполнения. На основании полученных результатов выявлено, что реализация данного проекта является экономически целесообразной.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b> 4АМ11		<b>ФИО</b> Сун Вэньлинь	
<b>Школа</b>	ИШНПТ	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Машиностроение
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	15.04.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Выбор и обоснование параметров резбонарезной насадки для многофункциональной ручной машины	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p>Объект исследования: ручная резбонарезная машина          Область применения: малое предприятие машиностроительной отрасли          Рабочая зона: производственное помещение.          Размеры помещения: 6*10 м.          Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер с автоматизированной программы( Workbench 2020 R2, КОМПАС-3D v20), электрический клупп rothenberger supertronic 1250.          Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: строение модели, расчёт технических параметров и контроль параметров.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</li> <li>– ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</li> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021)</li> <li>– ГОСТ Р 52905-2007. Лаборатории. Требования безопасности.</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> <li>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</li> </ul>	<p>Вредные факторы и опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– повышенный уровень шума;</li> <li>– Повышенный уровень вибраций</li> <li>– Недостаточная освещённость рабочего места</li> <li>– Опасность поражение электрический ток</li> <li>– Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся заготовки и материалы;</li> </ul> <p>От влияния опасных производственных факторов рабочего надёжно обезопасит спецодежда и обувь, перчатки, каска, респиратор, защитные очки, противошумные наушники.          Фактор расчёта: освещённость рабочего места.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p>Влияние деятельности на селитебную зону, литосферу, атмосферу и гидросферу: отходы охлаждающей жидкости и смазочных материалов, неразлагающийся мусор.</p>

<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	Возможные ЧС на объекте: техногенного характера - производственные аварии и пожары; Наиболее типичной ЧС для помещения являются пожары на производстве.
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	22.02.2023

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	канд.биол.наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ11	Сун Вэньлинь		

## **4. Социальная ответственность**

### **Введение**

В данном разделе проводится анализы вредных и опасных факторов труда технолога, разработка мер защиты и мер предосторожности от них, оценка условий труда микроклимата рабочей среды, и оценка помещения по электробезопасности по обеспечению благоприятных и безопасных для творческой работы инженера-технолога условий труда. В данном разделе также рассмотрены вопросы производственная безопасность, охраны окружающей среды и пожарной профилактики, даются предложения созданию условий труда с ссылкой на соответствующий технический документ.

Большая часть экспериментов проводилась в тимакове 12, 16А корпусе ТПУ, № 202. Общая площадь рабочей зоной 60 м<sup>2</sup>.

В данной работы были выполнены расчёты технических параметров червячной передачи для нарезания резьбы; разработана схема насадки машины (корпус; червяк; цилиндрическое колесо); приведён анализ напряженно-деформированного состояния.

При проектировании рабочих мест и определении операции производства учтены освещённость, вибрация, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ к организации рабочих мест. В производственном цехе обработки механических деталей невозможно избежать образования шума и проблему освещённости, поэтому при выборе производственного оборудования и инструментов учитывает допустимый для человеческого тела диапазон шум и освещённости.

## **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **Правовые нормы трудового законодательства**

Согласно трудовому кодексу Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018), целями трудового законодательства являются установление государственных гарантий трудовых прав и свобод граждан, создание благоприятных условий труда, защита прав и интересов работников и работодателей. Задачи ТК РФ, N 197 -ФЗ: создание необходимых правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений, интересов государства, а также правовое регулирование трудовых отношений и иных непосредственно связанных с ними отношений.

**Режим рабочего времени** должен предусматривать продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями, шестидневная с одним выходным днем, рабочая неделя с предоставлением выходных дней по скользящему графику, неполная рабочая неделя) в соответствии с главой 16 ст. 100 ТК РФ «Режим рабочего времени».

**Средства индивидуальной и коллективной защиты.** Для рабочих должны проводиться мероприятия по обеспечения безопасного труда. Понятие об обеспечении безопасности людей во время работы подробно раскрывается в ст. 209 ТК РФ. По законодательству, средства индивидуальной и коллективной защиты работников — это спецодежда и конструкции, предназначенные для предотвращения или минимизации воздействия на сотрудников неблагоприятных производственных факторов и предохранения от загрязнений.

1) Выдаваемое средство индивидуальной защиты должно полностью соответствовать полу, росту, размеру, характеру работы и условиям труда конкретного сотрудника. Рабочего надежно обезопасит спецодежда и обувь, рукавицы, каска, респиратор, защитные очки, противошумные наушники.

2) Средства коллективной защиты В НПА прописано, что коллективные средства защиты на производстве — это устройства и конструкции,

позволяющие обезопасить большое количество людей от воздействия вредных производственных факторов, опасных веществ, загрязнений и т. д. В зависимости от назначения, СКЗ подразделяются на несколько классов, перечисленных в пункте 1.1 ГОСТ 12.4.011-89.

### **Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда. Требования к сидячей на рабочее место соответствовать ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Общие положения госта входят следующие пункты:

1) Рабочее место организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей ее параметры при работе сидя. Категория работ - по ГОСТ 12.1.005-88. Моя работа по исследованию это средней тяжести.

2) Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

3) Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

При организации работ по обеспечению безопасности следует руководствоваться ГОСТ Р 52905-2007 "Лаборатории. Требования безопасности", утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2007 N 531-ст. Указанный стандарт устанавливает требования по формированию и поддержанию безопасной рабочей среды в научных лабораториях.



## 4.2. Производственная безопасность

### 4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов производственной среды

В данном пункте проводится анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке проектируемого решения или эксплуатации. Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлены в таблице 4.2.1

Таблица 4.2.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте

<b>Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)</b>	<b>Нормативные документы</b>
1. Отклонение показателей микроклимата;	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Повышенный уровень шума;	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности, ГОСТ 30691 (ИСО 4871:1996) Шум машин. Заявление и контроль значений шумовых характеристик)
3. Повышенный уровень вибраций;	ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
4. Опасность поражение электрический ток;	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
5. Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся заготовки и материалы;	ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
6. Недостаточная освещённость рабочего места;	Искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*;

#### 4.2.2 Анализ отклонение показателей микроклимата

Санитарными нормами и правилами ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» регламентируются требования к микроклимату производственных помещений. Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- температура воздуха  $t$ , °С;
- относительная влажность воздуха  $\phi$ , %;
- скорость движения воздуха  $v$ , м/с.

Когда температура в производственном цехе повышается, кожные сосуды расширяются, кровь направляется к поверхности тела, и количество тепла, выделяемого в окружающую среду, значительно увеличивается. При более низкой температуре окружающей среды реакция человеческого организма другая: сужение кожных сосудов, замедление кровотока к поверхности тела, уменьшение конвективной и радиационной передачи тепла. Поэтому определенная комбинация температуры, относительной влажности и скорости потока воздуха в рабочей зоне является очень важной для того, чтобы обеспечить комфортную температуру тела человека.

Таблица 4.2.2 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	$\leq 0.1$
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	$\leq 0.2$

Обеспечение правильного воздухообмена, обогрева и изоляции нагреваемых поверхностей оборудования, воздухопроводов и труб являются одними из главных способов оптимизации микроклимата и состава воздуха на промышленных площадках.

### 4.2.3 Анализ повышенного уровня шума

Шум на производстве утомляет работающих, что приводит к снижению концентрации и увеличению брака. Интенсивный шум вызывает изменения в сердечно-сосудистой системе, сопровождающиеся нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений. В большинстве случаев артериальное давление изменяется, что приводит к общей слабости организма.

Основные источники шума при работе электрического клуппа:

- неуравновешенные вращающиеся части механизма;
- электродвигатель;
- зубчатые передачи;
- гидравлические агрегаты.

Уровни шума на производстве урегулированы «Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах» № 3223—85, которые утверждены Минздравом в зависимости от классификации по спектральному составу и временным характеристикам, а также вида трудовой деятельности. Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Постоянный шум на рабочих местах не должен превышать 80 дБА, но в данном случае этот параметр составляет 60 дБА.

Для снижения шума при работе с ручным механизированным электрическим и пневматическим инструментом можно использовать следующие методы:

- Наушник с шумоподавлением;
- Применение вязкой смазки в резьборезном насадке;
- Применение шумозаглушающего кожуха;
- Ликвидация погрешностей в зацеплении колеса и червяка;
- Установка на оборудовании и конструкциях шумопоглощающих экранов и покрытий.

#### **4.2.4 Анализ повышенного уровня вибраций**

Основным документом, регламентирующим защиты от вибрации на рабочих местах, является ГОСТ 26568-85 “ Методы и средства защиты”. Методы, снижающие силовое возбуждение вибрации, по виду реализации подразделяют:

- методы уравнивания;
- методы, снижающие возбуждение изменением конструктивных элементов источника возбуждения вибрации;
- методы, снижающие возбуждение изменением частоты вибрации источника возбуждения вибрации;
- методы, снижающие возбуждение изменением характера вынуждающих сил или (и) моментов, обусловленных рабочим процессом в машине.

В процессе обработки деталей возможно возникновение вибраций, если режущий инструмент настроен неправильно или станок не имеет надежного фундамента или не установлен на виброопорах. Если крепежное устройство ослаблено или изношено и не обеспечивает достаточного зажимного усилия, то при обработке изготовления также возможно возникновение вибраций.

Требования к обеспечению вибробезопасности и защиты от вибрации подробно изложены в ГОСТ 12.1.012-90.ССБ. По ГОСТ 12.1.012-90.ССБТ, при проектировании технологических процессов и производственных зданий и сооружений должны быть:

- 1) выбраны машины с наименьшей вибрацией;
- 2) зафиксированы рабочие места (зоны), на которых работающие могут подвергаться воздействию вибрации;
- 3) разработаны схемы размещения машин с учетом создания минимальных уровней вибрации на рабочих местах;

4) произведена и указана в проектно-технологической документации оценка ожидаемой вибрационной нагрузки на оператора.

Предпочтительными считаются коллективные средства защиты от вибрации, тогда как средства индивидуальной защиты применяются в качестве дополнительных. В качестве средств индивидуальной защиты работающих используют специальную обувь на массивной резиновой подошве. Для защиты рук служат рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки, которые изготавливают из упругодемпфирующих материалов.

#### **4.2.5 Анализ опасности поражения электрического тока**

Электрические системы, используемые на производстве, представляют потенциальную опасность. Оборудование в рабочей зоне (компьютеры и электрические клуппы Rothenberger Supertronic 1250) работает от электрического тока может привести к поражению электрическим током рабочего.

Для защиты от этого используют следующие методы:

- установка класса электроопасности помещения;
- защитное заземление;
- системы защитных проводов;
- защитное отключение;
- изоляция нетоковедущих частей;
- электрическое разделение сети;
- индивидуальные средства защиты.

К таким средствам относятся комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты и устройства, увлажнители воздуха, антиэлектростатические покрытия и нейтрализаторы статического электричества.

Классификация помещений на опасные и неопасные основана на потенциальных электрических опасностях, таких как наличие электрических

цепей, которые могут создавать искры, дуги или нагревательные элементы под напряжением. Эти параметры регулируются ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Он устанавливает предельно допустимые уровни напряжения и тока прикосновения для машин и механизмов.

#### **4.2.6 Анализ движущихся машины и механизма, передвигающиеся заготовки и материалы**

В заводской мастерской мы должны обеспечить требования к установке во время процесса загрузки и разгрузки. При перемещении машин и механизмов или после перемещения заготовок и материалов разумная установка и разборка очень важны и должны соответствовать национальным стандартам ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ.

Подвижными частями оборудования является вращающийся нарезная насадка с закрепленными в них заготовкой и стружка является отлетающими кусочками металла.

Опасность движущихся частей оборудования определяется скоростью их перемещения. Согласно ГОСТ 12.2.009-80, скорость более 0,15 м/с считается опасной для подвижных частей, способных причинить травму. Такие части могут вызвать ушибы, порезы, переломы и другие травмы, которые могут привести к потере трудоспособности.

Согласно ГОСТ 12.3.009-76, безопасность погрузочно-разгрузочных работ обеспечивается выбором правильных методов работы, подъемно-транспортного оборудования и технологической оснастки, подготовкой и организацией рабочих мест, использованием средств защиты для работающих, проведением медицинских осмотров и обучением персонала.

#### **4.2.7 Анализ недостаточной освещённости рабочего места**

Искусственное освещение должно обеспечивать достаточное освещение в комнате для выполнения операций и отладки оборудования, предотвращая производственные дефекты и травмы, вызванные недостаточным освещением.

Недостаточное освещение является вредным фактором при выполнении особо точных исследовательских работ. В таком случае глаза сначала чувствуют излишнее напряжение, а затем может произойти снижение зрения. В этом случае необходимо использовать дополнительный источник света, особенно настольную лампу.

Нормы освещенности по СНиП 23-05-95 для «Механических, инструментальных цехов, отделений, участков, цеха оснастки, ОТК. (Г-0.8)» составляют 300 люкс.

Проектирование искусственного освещения производственных помещений включает в себя выбор системы освещения, выбор типа и расположения крепежных светильников, определение необходимого количества светильников.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 10$  м, ширина  $B = 6$  м, высота  $H = 4$  м (тип светильника: двухламповые светильники ОДОР при непрерывных рядах из сдвоенных светильников). Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников ОДОР с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda = 1,3$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0.5$  м.

Площадь помещения:

$$S = A \times B \quad (4.1)$$

где  $A$  – длина, м;  $B$  – ширина, м.

Размещение светильников в производственном помещении определяется размерами принципиальная схема в рисунке 4.1, м:

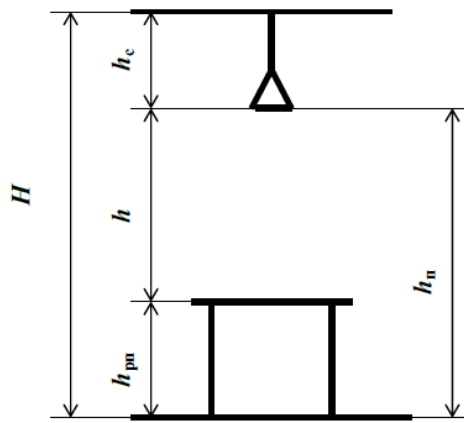


Рисунок 4.1 Основные расчетные параметры

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (4.2)$$

где  $h_n$  – высота светильника над полом, высота подвеса = 4,  $h_p$  – высота рабочей поверхности над полом = 1 м.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР:  $h_n = 3,5$  м

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 1 - 0,5 = 2,5 \text{ м} \quad (4.3)$$

$$L = \lambda \cdot h = 1,3 \times 2,5 = 3,3 \text{ м} \quad (4.4)$$

Световой поток лампы  $\Phi$  определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_L \cdot \eta} \quad (4.5)$$

Где  $E_H$  - нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк;  
 $S$  - площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;  $K_3$  коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей) (наличие в атмосфере цеха дыма, пыли);  $Z$  - коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{cp}/E_{min}$ , для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;  $N_L$  - число светильников;  $\eta$  - коэффициент использования светового потока (Определяем по таблице).



Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6}{3,3} \approx 2 \quad (4.6)$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{10}{3,24} \approx 3 \quad (4.7)$$

Общее число светильников:

$$N_{\text{л}} = Na \cdot Nb = 3 \cdot 2 = 6 \quad (4.8)$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{3,3}{3} = 1,1 \text{ м} \quad (4.9)$$

Размещаем светильники в 2 ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОДОР мощностью  $2 \times 40$  Вт (с длиной 1,5 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 1,65 м.

Индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{10 \cdot 6}{2,5 \cdot (10 + 6)} = 1,5 \quad (4.10)$$

Требуемая освещенность  $E=300$  лк.

Коэффициент запаса  $K_3=1,2$ , коэффициент неравномерности  $Z=1,1$ .

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{п}} = 70 \%$ ,  $\rho_{\text{с}} = 50\%$  и индексе помещения  $i = 1,5$ , коэффициент использования светового потока:  $\eta = 0,6$ .

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 60 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{6 \cdot 0,6} = 6600$$

Выбираем лампу дневного света ЛД18, со световым потоком  $\Phi_{ЛД} = 6500$  Лм.

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% \leq 20\% \quad (4.11)$$

$$\frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% = \frac{6500 - 6600}{6500} \cdot 100\% = -1,5\%.$$

Таким образом:  $-10\% \leq -1,5\% \leq 20\%$  , необходимый световой поток светильника не выходит за пределы диапазона.

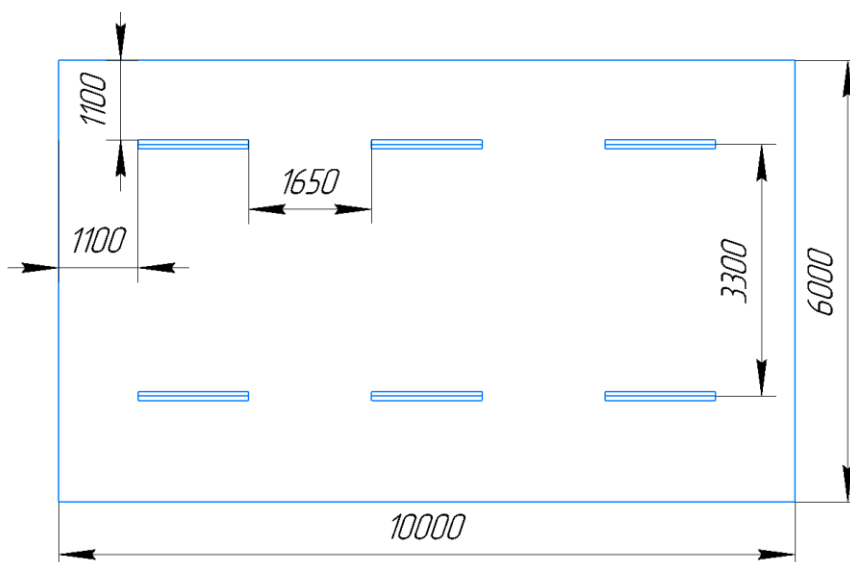


Рисунок 4.2 – Схема расположения светильников производственном помещении

### **4.3 Экологическая безопасность**

Защита окружающей среды - это сложная проблема, решение которой включает сокращение вредных выбросов промышленных предприятий путем полного перехода к безотходным или низкоотходным технологиям производства. Это является наиболее эффективным способом борьбы с загрязнением окружающей среды.

#### **Анализ воздействия объекта на селитебную зону:**

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания", в моем эксперименте поскольку во время обработки инструмента будет некоторый шум и металлическая стружка, которые отрицательно влияют на жизнь близлежащих жителей. Поэтому место, в котором проводится эксперимент далеко от жилых районов.

#### **Анализ воздействия объекта на атмосферу:**

Основными загрязнителями являются газообразные отходы и металлическая пыль, которые попадают в атмосферу. Для уменьшения вредных воздействий на окружающую среду, обуславливаемых работой металлорежущего оборудования применяется обильное охлаждение режущих инструментов при помощи эмульсии, что приводит к снижению пыли и газовыделений при обработке. При этом снижается также тепловыделение. Рекомендуется применение на резьборезные машины различных отсасывающих пыль и стружку устройств, что также позволит сократить пылевыведение и, кроме этого экономить материалы.

#### **Анализ воздействия объекта на гидросферу:**

Основными источниками загрязнения являются отходы охлаждающей жидкости и смазочных материалов. Для уменьшения неблагоприятного воздействия сточных вод на окружающую среду используются различные

методы очистки, такие как: процеживание, фильтрование, флотация, отстаивание в специальных емкостях, а также циклоны и другие инерционные устройства.

#### **Анализ воздействия объекта на литосферу:**

Сырье содержит токсичные вещества, тяжелые металлы, свинец, оксид азота, ртуть и другие опасные вещества. Они попадают в почву, затем в растения, в организм человека или животного. Это приводит к увеличению количества заболеваний и аллергических реакций. Отходы относятся к I классу опасности. После эксперимента мы собираем эти железные стружки и отправляем на склад для дальнейшей переработки на специализированном заводе. Экспериментальные инструменты и заготовки можно использовать на помещении университета.

### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Согласно с Национальные стандарты" 2010 год ОКС 13.200, Ликвидацию ЧС проводят с целью спасения жизни и сохранения жизни и здоровья людей, снижения размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также локализации зоны ЧС, прекращения действия характерных для них опасных факторов.

#### **4.4.1 Анализ возможных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований**

При проведении исследования возможно возникновение следующего вида возможного ЧС:

- 1) Вычислительная аппаратура может загореться из-за нарушения изоляции или неисправности самого устройства.
- 2) Появление короткого замыкания в электропроводке может произойти из-за неисправной проводки, электро-соединений и распределительных щитов.
- 3) Пожар, по причине нарушения правил безопасности для легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ.

#### **4.4.2 Анализ наиболее типичных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований и разработка превентивных мер**

Производство расположено в Томске, в умеренном климатическом поясе, где катастрофы природного характера редки. Однако на объекте могут произойти ЧС, такие как сильные морозы и теракты.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Низкая температура может привести к невозможности запуска системы, низкой эффективности работы и большим отклонениям в результатах экспериментов после запуска, а также может вызвать озноб и обморожение персонала. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Отопление должно быть предусмотрено на рабочем месте, а также СИЗ (тёплая одежда, перчатки, шапки).

В случае пожара в помещениях следует отключить вентиляцию с механической тягой и вызвать пожарную команду для локализации и ликвидации очага. При загазованности свыше 20% от НКПВ автоматически включается аварийная вентиляция, а также предусмотрено ручное ее включение. Необходимо контролировать воздушную среду переносными газоанализаторами и устранять причины повышенной загазованности. В соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" лаборатории оборудованы средствами пожаротушения, включая огнетушители.

## **Заключение по разделу «Социальная ответственность»**

В соответствии с Правилами электробезопасности (ПУЭ), помещение относится к категории без повышенной опасности, все электроустановки используются в соответствии с требованиями ПУЭ.

При эксплуатации электроустановок работники обязаны проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ в электроустановках, проходить проверку знаний требований правил и других требований безопасности, а также иметь защитные инструменты в соответствии с правилами охраны труда.

По СанПиН 1.2.3685-21 определили окружающую среду рабочего места, которая обеспечивает безвредности для работников.

По СП 12.13130.2009 определили категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д. Уровень помещения является Г умеренная пожароопасность из-за опасность газов и стружки в обрабатываемых деталях.

Определили производство сталь является умеренным негативным воздействию на окружающую среду, к объектам II категории.

## **Заключение**

В ходе исследования были определены параметры конструкции насадки для ручной резьбонарезной машины на базе коллекторного двигателя мощностью 1,4 кВт. Машина способна нарезать трубную резьбу диаметром от 1/4 до 2 дюймов в режиме резьбообразования. На следующих этапах работы необходимо более детально изучить корпусные детали насадки, произвести изготовление и червячную передачу, а также провести испытания опытного образца устройства.

Многофункциональный привод может быть использован в небольших строительных компаниях, фермерских и садоводческих хозяйствах и т.д.

## Список литературы

1. М.В. Алферова. Леонардо да Винчи. Настоящая история гения. «Издательство АСТ», 2015, -287с.
2. Кто придумал резьбовое соединение? [Электронный ресурс]. – URL: <https://sekretmira.ru/raznoe/kto-pridumal-rezbovye-soedinenie.html>
3. Резьбовые соединения (историческая справка) [Электронный ресурс]. – URL: <https://stydopedia.ru/4x73e7.html>
4. Справочник технолога машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, А.М. Дальского и А.Г. Сулова. Пятое издание, исправленное. 2003. -943 с, илл.
5. Ваньшин А.И., Печников А.Ф. Расчет червячных передач.: Метод. указания для студентов всех спец. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. – 28 с.
6. ГОСТ 19650-97.Передачи червячные цилиндрические./Расчет геометрических параметров. Издание официальное. Минск-2001г. -12с.
7. ГОСТ 19672-74 Модули и коэффициенты диаметра червяка. Издание официальное. Москва - 1986г. -6с.
8. Курсовое проектирование деталей машин. Учеб. пособие для учащихсяК93 машиностроительных специальностей техникумов / С. А. Чернавский, К. Н. Боков, И. М. Чернин и др.— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1988. — 416 с.: ил.
9. Нарезание резьбы методом фрезерования [Текст] / мастер И. П. Чудинов; Под ред. инж. т. Волкова А. А. - Пермь : Бюро тех. пропаганды и рабоч. изобретательства завода им. Молотова, 1939. - 8 с.
10. Инструмент для изготовления точных внутренних резьб : Учеб. 96 пособие по курсу "Реж. инструмент и инструм. обеспечение автоматизир. пр-ва" для студентов спец. 1201,1202 и Т29 / В. В. Захаров; Сарат. гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 1994. - 102,[1] с.



11. Раскатывание внутренних резьб бесстружечными метчиками / Ю. Г. Проскуряков, В. А. Кохановский; Отв. ред. А. Н. Исаев. - Ростов н/Д : Изд-во Рост. ун-та, 1980. - 103 с.
12. Нарезание резьбы [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.cherch.ru/obrabotka\\_metallov\\_rezaniem/narezanie\\_rezbi.html](http://www.cherch.ru/obrabotka_metallov_rezaniem/narezanie_rezbi.html)
13. Детали машин. Учебник для учащихся машиностроительных техникумов. - М.: Высшая школа, Куклин Н.Г., Куклина Г.С. 1973. - 384 с.
14. Ansys Mechanical. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.cadfem-cis.ru/products/ansys/structures/mechanical/>
15. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021).
16. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
17. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы.
18. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.

**Приложение А**  
(справочное)

**Selection and justification of the parameters of the thread-cutting nozzle for a  
multifunctional manual machine**

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4AM11	Сун Вэньлинь		15.05.2023

Руководитель:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ИШНПТ	Коротков В. С.	к.т.н., доцент		15.05.2023

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОИЯ ШБИП	Гутарева Н. Ю.	к. пед.н., доцент		15.05.2023

### 1.3 Overview of threading methods and thread types

The main methods of creating threads are as follows: 1 - cutting threads with thread-cutting tools or thread-cutting heads; 2 - cutting threads with inserts, thread-cutting heads, and taps; 3 - rolling with flat or round rolling inserts; 4 - milling with special thread milling cutters; 5 - grinding with abrasive wheels.

1) Cutting threads with tools. External and internal threads (with a diameter of 12 mm and above) are cut on turning and threading machines using thread-cutting tools and heads.

2) Cutting threads with inserts and taps. For external threads with a diameter of up to 52 mm, round inserts are used for mounting, blanking, and other works.

3) Rolling threads. The main method of producing threads is rolling on special machines, which create threads on the surface of the part without removing chips by plastic deformation of the surface.

4) Milling threads. External and internal threads are milled on special thread milling machines, where the rotating serrated cutter cuts into the body of the part and mills the thread on its surface with radial feed.

5) Grinding accurate threads. Grinding is mainly used to obtain accurate threads on short threaded parts, such as threaded plugs, gauges, threaded rollers, etc.

There are two systems - metric and inch, respectively, there are two groups of standards: metric and inch. Some countries with the metric system use inch threads, and vice versa.

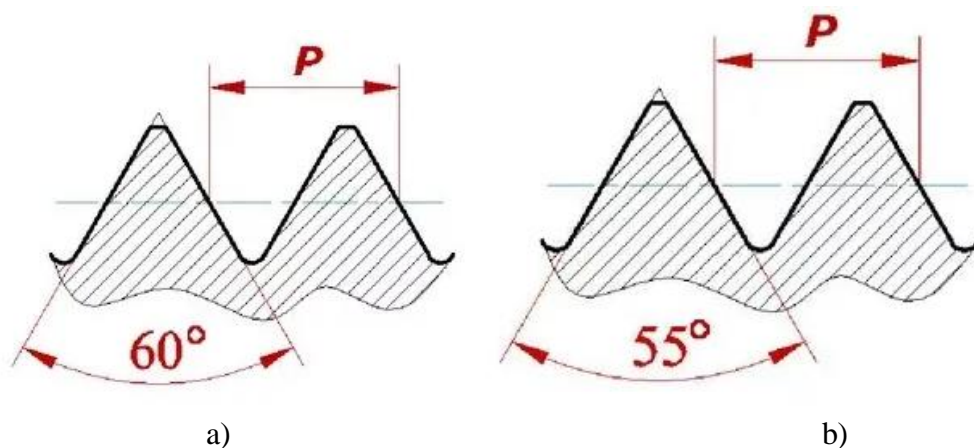


Figure 1.1 The types of Thread

The profile angle is the angle formed by the intersecting side edges (faces) of the coils. The distance from the beginning to the end of the thread is called its depth.

The outside diameter is the distance between opposite points of the thread. The inside diameter is the distance between the bases of the sides lying opposite each other. The mean diameter is the distance between the vertex and the base of the opposite side.

Metric thread is a triangular profile with a 60° angle and flat-cut tips, expressed in millimeters. The ISO standard is the most common for metric threads in Europe and the USA.

Inch thread differs from metric not only in size but also in profile shape. A fractional number is used to indicate inch thread, which shows the thread diameter in inches as well as the number of threads per inch (TPI). For example, the marking 5/8"-18 UNF means that the thread diameter is 5/8 inches, and the number of threads per inch is 18. Metric thread is denoted by the letter "M" followed by the outside thread diameter, after the symbol "x", the pitch of the thread (for example, M8 x 1).

There are several ways to cut inch threads on metal pipes. The first method is using a lathe, which is suitable for making products of different diameters. The second method is using a special tool called "lerka". It is a knife that allows cutting threads on a pipe. The third method is using manual or electric tools called "klupp". They allow quickly cutting threads on a pipe.

In addition, there is a special tool for processing internal threads on products called a thread-cutting knife. It helps to cut threads inside a pipe or hole.

## **1.4 Review of the design of manual threading machines and threading heads**

### **1.4.1 Review of the design of manual threading devices**

A Klupp (German: Kluppe) is a tool for manually cutting threads. It is a holder in which thread-cutting plates (combs) are placed. As expensive alloy steel is used only for the elements that need to be threaded, it is not necessary to manufacture the entire device out of it, but only the interchangeable comb cutters. To create the required

cutting force (which is quite significant), Klupps are equipped with massive levers (possibly with a ratchet).



Figure 1.2 Manual klupp threading

The electric Klupp, such as the Supertronic 2000, Supertronic 1250, Supertronic Economy, and Supertronic 1000, is a high-performance tool designed to cut cylindrical threads of any diameter and complexity level. When using an electric Klupp, the threading process is much faster and effortless because it is powered by an electric motor. A powerful thread-cutting Klupp can be used in combination with a clamp that allows a single craftsman to perform effective work even in hard-to-reach areas where the lever cannot move, as is the case with manually controlled Klupps. An electric Klupp provides high cutting force and reduced speed (resulting in high precision and quality) when cutting threads.

High productivity is ensured by the high-speed reverse of the threading part (head). Such a lathe is suitable if there is a need for regular thread cutting on small diameter pipes, mainly up to 2 inches.

## 1. Electric threading klupp Supertronic 1250



Figure 1.3 Electric threading klupp Supertronic 1250



Figure 1.4 Design of the electric threading klupp rothenberger supertronic 1250

### Advantages:

- Thanks to its compactness, the device can be used in places with limited access. The threading tool easily withstands increased loads.
- It has a uniform speed in any direction of rotation.
- The threading head can be installed on the left/right.
- Lightweight and easy to operate.
- Compact gearbox housing.

### Specifications:

- The SUPERTRONIC 1250 set includes threading heads for 1/2-3/4-1-1,1/4" threads, a clamp, and a plastic case.
- D 1/4 and 3/8 inch heads can be additionally purchased.

Table 1 Specifications of supertronic 1250

Idle speed, rpm	27
Dimensions (LxWxH), mm	456 x168 x76
Weight, kg	14.5
Power, kW	0.8
Voltage, V	230
Working diameter range, mm (inch)	1/2-3/4-1-1.1/4
Threading type	BSPT R
Working speed, rpm	15-20

## 2. Electric threading klupp REMS Amigo 2



Figure 1.5 Electric threading klupp REMS Amigo 2

### Advantages:

- Only one type of small, compact, quick-change threading heads and only one type of threading inserts for all REMS threading machines.
- A high-quality, reliable and convenient support bracket for support during rotation in both directions.
- Reliably secures the pipe with an inclined clamping screw. The threading head is easily and quickly inserted into the bracket and the pipe.

- Compact and multifunctional.
- Reliable, compact, and maintenance-free gearbox. Powerful universal motor of 1,700 W with a 30% increase in power through automatic repositioning of carbon brushes. Cutting speed of 30-18 rpm.
- Reliable technology, high-quality material, and precise processing of the head, comb, and housing guarantee super-easy pipe cutting and easy threading.

Table 2 Specifications of REMS Amigo 2

Frequency, Hz	50
Weight, kg	6,5
Power, kW	1,7
Voltage, V	220
Working diameter range, mm (inch)	1/4-1
The length of drive, cm	27
Threading type	BSPT
Working speed, rpm	18-30

### 3. Electric threading klupp RIDGID 700





Figure 1.6 Electric threading klupp RIDGID 700

The portable electric threading machine RIDGID 700, housed in a solid aluminum casing, is designed for heavy-duty work. It provides perfect clean thread cutting on pipes  $\varnothing$  1/8" – 2" (6 – 50 mm) using RIDGID 12-R threading heads, as well as bolts  $\varnothing$  1/4" – 1" (8 – 25 mm) using RIDGID OO-RB threading heads. The electric pipe threading machine is compatible with RIDGID OO-R, OO-RB, O-R, 11-R, R-200, 111-R, 141 threading heads when used with appropriate adapters, and RIDGID 258 / 258 XL electric pipe cutters.

The manual threading machine RIDGID 700 is equipped with:

- a reversible universal electric motor;
- an increased power reserve;
- a start button for prolonged operation;
- a separate direction switch (located on top);
- a straight-toothed cylindrical gear transmission;
- a spring latch for the adapter;
- a gear chuck made of hardened steel.

Table 3 Specifications of RIDGID 700

Frequency, Hz	50/60
Weight, kg	11
Power, kW	1,1
Voltage, V	230
Working diameter range, mm (inch)	1/4-1
Length, cm	71,7
Threading type	BSPT
Working speed, rpm	26-30

## 1.4.2 Review of Thread Cutting Heads

The thread cutting head is shown in Figure 1.7.



a) REMS EVA S R 3/4"

b) REMS EVA R 1 1/4"

Figure 1.7 The thread cutting head REMS EVA S R 3/4" и REMS EVA R 1 1/4"

1) The REMS EVA S R 3/4" thread cutting head is suitable for the REMS Eva ratchet lever and other compatible thread cutting machines. It is ideal for cutting threads in hard-to-reach places, such as wall recesses, pipe outlets, and shafts. It is perfect for repairs and restoration work. The quick-change thread cutting heads S come with specially installed inserts. An additional precise guide on the lid allows for easy centering and scoring of the pipe.

2) The REMS EVA R 1 1/4" thread cutting head is designed for electric and manual REMS thread cutting machines. The precise processing of the head, comb, and lid ensures super easy scoring of the pipe and easy threading. The long, precise guide provides excellent pipe centering. Good chip removal is achieved through holes in the head for clean thread cutting.

Table 4 Specifications of thread cutting heads

Types of thread cutting heads	Diameter, mm	Threading size, inch	Threading type	Weight, kg	Threading direction
REMS EVA S R 3/4"	19,05	3/4	BSPT	0,6	правая
REMS EVA R 1 1/4"	31,7	1 1/4	BSPT	0,6	правая

## 1.5 Description of the principle of operation of a manual threading machine.

### 1.5.1 The principle of threading with RPM on different types of surfaces

#### 1) Algorithm for threading bolts:

- clean the surface of the workpiece from dirt;
- clamp the part in a vise in a vertical position;
- remove scale from the bolt and file a chamfer on the end of the threaded portion;
- create the thread (solid passes create the cut in one pass, and split passes in 2-3 passes);
- cool the pass with oil or sulfophenazole.

#### 2) Algorithm for applying thread turns on pipes:

- if the pipe is not new and has already been used, it is necessary to clean it from dirt or paint;
- fix the pipe firmly;
- apply oil or grease to the area to be processed;
- put the klupp on the pipe, turning the locking screws;
- bring the guide plates close to the pipe, gently striking the handle of the

clamping ring with a light hammer;

- fix the guiding passes with a locking screw;
- in the same way, install and fix the cutting plates, orienting themselves to the notch of the required diameter of the threaded pipe;
- pressing the klupp forward, rotate it clockwise;
- it is recommended to cut the thread gradually, without jerks, not hurrying, making a stop after half a turn to avoid bending the pipe;
- to remove the klupp from the pipe, slowly separate the plates from each other.

After making the coils, it is necessary to try to connect the made thread with the corresponding part. Work can only continue if the elements interact correctly. In the case of processing an old pipe, the cut thread should be inspected for through slots. If the cut is applied to a worn water pipe, it should be held with a gas wrench so that the force applied when turning the klupp is compensated for.

### 1.5.2 Cutting external threads with an electric threader

Choose the Rothenberger Supertronic 1250 electric threader as an example. All of its components are shown in the diagram below.



Figure 1.11 Composition of the electric threader: 1- gear wheels; 2- thread cutting attachment and bearings; 3- armature; 4- motor and on/off button; 5- motor housing and handle



a) Gearbox

b) Motor

Figure 1.12 Internal structure of the electric threader.

During operation, after starting the engine, the rotation from the armature shaft with the bevel gear is transmitted to the bevel gear. After the bevel gear and the four-stage cylindrical gear, the rotation is transmitted to the thread head.



a)

b)



c)

d)



e)

Figure 1.13 Cutting process

First, clamp the pipe in the vise 1 and install a clamp - a fixator 2 on it. Then bring the working part of the handheld machine 3 to the end of the pipe and hold the machine. Then press the head 4 by hand to engage the pipe. Add coolant 5 around the head and continue to lubricate with oil during thread cutting. When finished cutting, stop the rotation and switch to reverse mode. Hold the handheld machine until the electrical coupling is disconnected.

The principle of fastening:

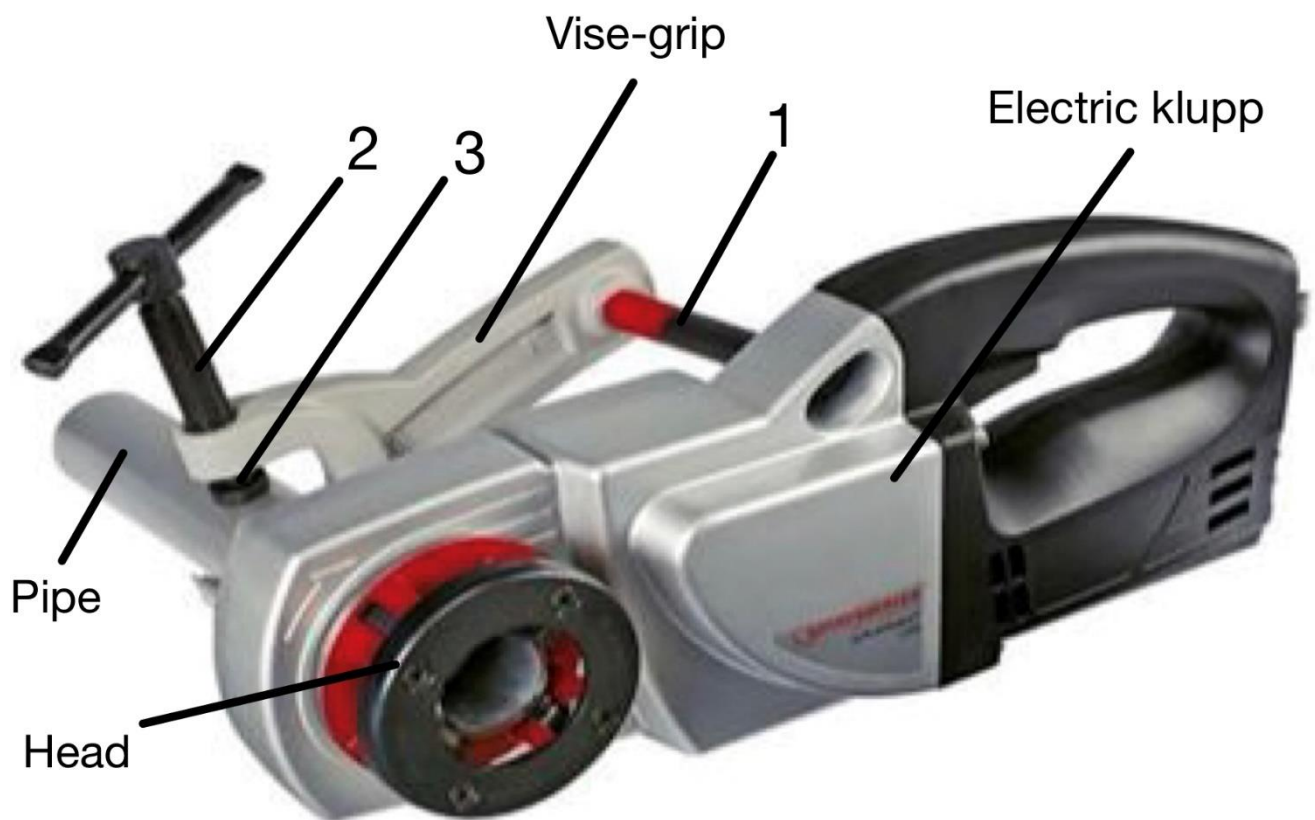


Figure 1.14 Working scheme for cutting threads with an electric klupp

The clamp is installed in the required position using link 2. At the other end of the clamp, lever 1 is attached, which enters the hole in the body of the handheld machine and takes the reactive moment during operation.



## 1.6 Engineering calculation of parameters of worm gear transmission

Worm gear transmissions are used to transfer motion with a change in angular velocity (torque) between two intersecting (usually at an angle of  $90^\circ$ ) axes. The conjugate elements of such a type of transmission are the worm and the worm wheel. The gear ratio of the transmission is the ratio of the number of teeth of the worm wheel  $z_2$  to the number of starts of the worm  $z_1$ :

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

Where  $n_1$  and  $n_2$  are the rotation frequencies of the worm and worm wheel, respectively. Usually, the gear ratio is in the range of 7 to 100 (more often 10-80), but it can be significantly higher.

In this case,  $i = 10$  is chosen..

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1 \eta}$$

Where  $\omega_1$  and  $\omega_2$  are the angular velocities of the worm and wheel,  $T_2$  and  $T_1$  are the torques transmitted by the worm wheel and worm, respectively, and  $\eta$  is the transmission efficiency.

$$T_2 = T_1 \cdot \eta \cdot u$$

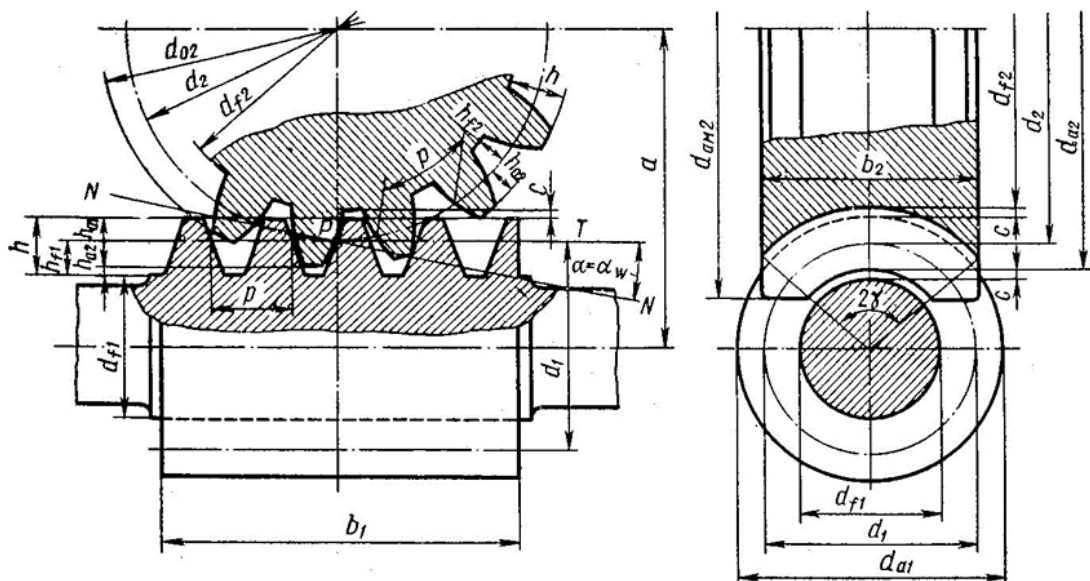


Figure 1.15 Схема червячной передачи

In contrast to helical gears, in worm gears, the calculated module  $m$  of the worm wheel and worm is represented by  $p/\pi$ , where  $p$  is the diametral pitch of the teeth of the wheel or the axial pitch of the worm threads (Figure 2, a, b, c) called the calculated pitch.

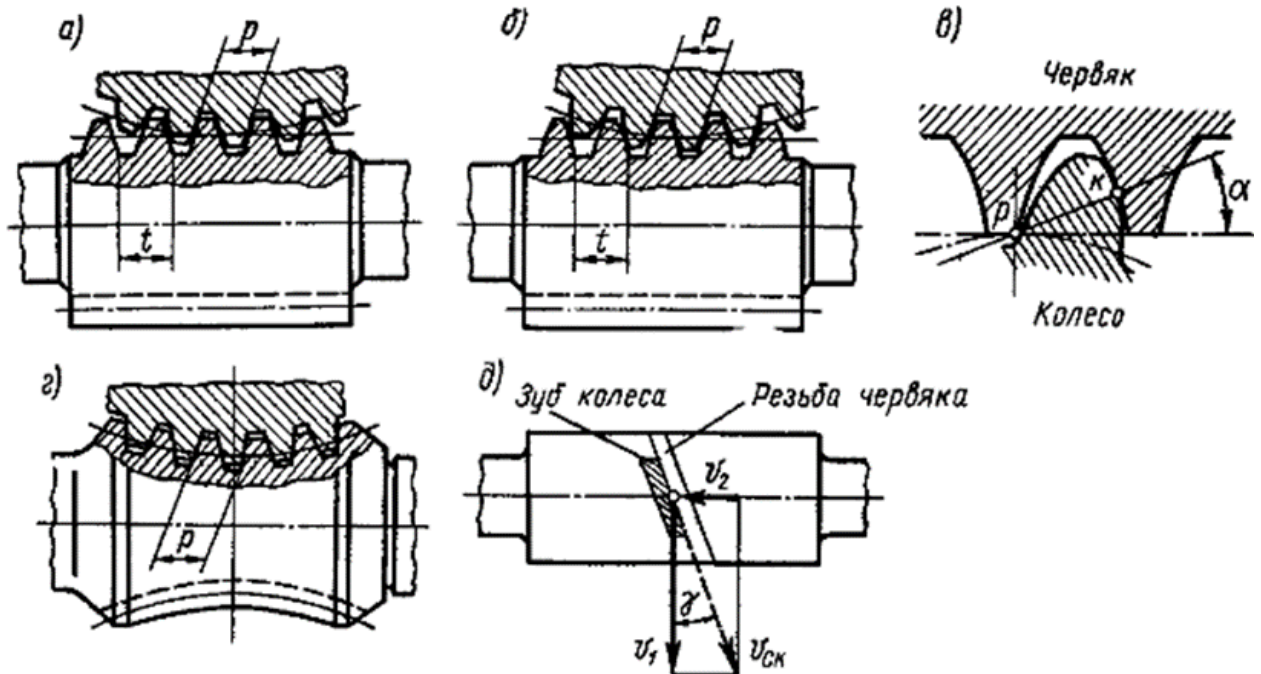


Figure 1.16 Dividing step  $p$  in a worm gear

For worms and worm wheel cylindrical gears, the module sizes in millimeters are standardized by GOST 19672-74 (SG SEV 267-76) (partial extract): 1.0, 1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0.

According to GOST 2144-76 (worm wheel cylindrical gears), two series of gear ratios are provided within the range of 8-80, which are implemented with  $z_1 = 1.2$  or 4 (worms with  $z_1 = 3$  are not included in GOST) and  $z_2 = 30-80$ : 1st series: 8, 10, 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 80; 2nd series: 9, 11.2, 14, 18, 22.4, 28, 35.5, 45, 56, 71. The first series should be preferred over the second.

Assuming a gear ratio of  $u = 10$ , worm and wheel numbers of  $z_1 = 4$  and  $z_2 = 40$ , module size of  $m = 2$ , and worm diameter coefficient of  $q = 20$  [4, p. 49], the output torque  $T_1$  is  $25 \text{ N} \cdot \text{m}$ , and we obtain  $T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta$  [4, p. 51] =  $25 \times 10 \times 0.8 = 200 \text{ N} \cdot \text{m}$ . We choose the material for the worm gear to be BrO10F1 (GOST 613-79).



Table 5 – formulas for calculating worm gears

Parameters		Designation	Formula
Interaxial distance, mm		$a_w$	$a_w = 0,5(z_2 + q + 2x)m$
Pressure angle		$\gamma$	$tg\gamma = \frac{z_1}{q}$
Lead angle		$\gamma_w$	$tg\gamma_w = \frac{z_1}{q + 2x}$
Pitch diameter, mm	Worm	$d_1$	$d_1 = qm$
	Worm wheel	$d_2$	$d_2 = z_2m$
Initial worm diameter, mm		$d_{w1}$	$d_{w1} = (q + 2x)m$
Worm pitch height, mm		$h_1$	$h_1 = h_1^*m$
Worm head pitch height, mm		$h_{a1}$	$h_{a1} = h_{a1}^*m$
Crest diameter, mm	Worm threads	$d_{a1}$	$d_{a1} = d_1 + 2h_{a1}^*m$
	Worm wheel teeth	$d_{a2}$	$d_{a2} = d_2 + 2(h_{a1}^* + x)m$
Maximum diameter of the worm wheel, mm		$d_{ae2}$	$d_{ae2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + K}$ , when $K = 2$ – for worm ZA, ZI, ZK; $K = 1$ –for worm ZT
Length of the cut worm, mm		$b_1$	$b_1 = 2 \sqrt{\left(\frac{d_{ae2}}{2}\right)^2 - \left(a_w - \frac{d_{a1}}{2}\right)^2} + \frac{\pi m}{2}$
Width of the worm wheel rim, mm		$b_2$	$b_2 = 0,75 d_{a1}$ - при $z_1 \leq 3$ $b_2 = 0,67 d_{a1}$ - при $z_1 \leq 4$

To determine the required center distance:

$$a_w = 0,5(z_2 + q + 2x)m = 0,5 \times (40 + 20 + 0) \times 2 = 60 \text{ mm}$$

where  $x$  is an auxiliary coefficient.

The calculation of the contact strength of worm gears is determined by the following formula:

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{z_2}{q}} \sqrt{\frac{T_2 K (\frac{z_2}{q} + 1)^3}{a_w^3}} \leq [\sigma_H] \quad [4, \text{c. } 55]$$

where  $\sigma_H$  и  $[\sigma_H]$  – MPa,  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $a_w$  – mm and  $T_2$  – N · mm,  $K$  – load factor.

Load factor for worm gears:

$$K = K_\beta K_v \quad [4, \text{c. } 57],$$

where  $K_\beta$  is a coefficient that takes into account the uneven distribution of load along the length of the contact lines;  $K_v$  is a coefficient that takes into account the dynamic load that occurs during engagement.

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{z_2}{\theta}\right)^3 (1 - x) [4, \text{c. } 57]$$

where  $\theta$  is the coefficient of deformation of the worm gear and  $x$  is an auxiliary coefficient.

When the load is constant, the coefficient  $K_\beta = 1.0$ . The coefficient  $K_v$  depends on the accuracy of the transmission manufacturing and the sliding speed  $v_s$ .  $v_s = 2$  when the material is selected as BrO10F1. Then  $K_v = 1$  [4, p. 58].  $K = K_\beta K_v = 1$ .

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{40}{20}} \sqrt{\frac{200000 \times \left(\frac{40}{20} + 1\right)^3}{56^3}} = 471 \text{ MPa}$$

The durability coefficient when calculating  $[\sigma_H]$  is determined by the formula:

$$K_{HL} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_\Sigma}} \quad [4, \text{c. } 60]$$

where  $N_\Sigma$  is the total number of cycles of alternating stress.

The value of  $N_\Sigma$  is calculated by the formula:

$$N_\Sigma = 60n_2t$$

where  $n_2$  is the rotation speed of the worm wheel, rpm;  $t$  is the service life of the transmission, h.

$$K_{HL} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_\Sigma}} = 0,95.$$

$$\sigma_T = 147 \text{ MPa} [4, \text{ c. } 59], [\sigma_H] = 4\sigma_T = 588 \text{ MPa}$$

Examination:

$$\sigma_H = 471 \text{ MPa} < [\sigma_H] = 588 \text{ MPa}$$

The calculation of the teeth of the worm wheel for endurance under bending stresses (the teeth of the wheel have less strength than the turns of the worm) is carried out by the formula:

$$\sigma_F = \frac{0,6F_{t2}KY_F\xi}{b_2m} \leq [\sigma_F]$$

where  $\sigma_F$  is the calculated bending stress;  $T_2$  is the calculated torque on the shaft of the worm wheel;  $F_{t2}$  is the circumferential load on the worm wheel;  $K$  is the load coefficient; the value of  $F_{t2}$  is determined by the known torque on the shaft of the worm wheel.

$$F_{t2} = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2T_2}{z_2m} = \frac{400}{0,08} = 5 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$Y_F$  - the tooth form coefficient, depending on the equivalent number of teeth of the worm wheel:

$$z_v = \frac{z_2}{\cos^3\gamma}$$

$\xi$  - a coefficient that takes into account the weakening of teeth as a result of wear; for closed transmissions  $\xi = 1.0$ , for open transmissions  $\xi \approx 1.5$ .

$$z_v = \frac{40}{(0,97)^3} \approx 45$$

In this situation  $Y_F = 1,48$ . [4, c. 56]

Then:

$$\sigma_F = \frac{0,6F_{t2}KY_F\xi}{b_2m} = \frac{0,6 \times 5000 \times 2,22 \times 1}{29 \times 2} = 115 \text{ MPa}$$

Calculation of allowable bending stress:

$$[\sigma_F] = \sigma_T K_{FL}$$

$$\sigma_T = 147 \text{ MPa [4, c. 59]}$$

The values of KFL for a bronze crown of a worm wheel are determined by the formula:

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_\Sigma}} \quad [4, \text{c. 60}]$$

For machine drive transmissions with a number of cycles for each wheel tooth less than  $10^6$ ,  $N_\Sigma = 10^6$  should be taken; if it turns out that the number of cycles is greater than  $25 \cdot 10^7$ ,  $N_\Sigma = 25 \cdot 10^7$  should be taken. Therefore, the values of KFL vary within the range of  $\max K_{FL} = 1.0$ ;  $\min K_{FL} = 0.543$ .

$$K_{FL} = 0,8$$

$$[\sigma_F] = \sigma_T K_{FL} = 147 \times 0,8 = 118 \text{ MPa}$$

Examination:

$$\sigma_F = 115 \text{ MPa} < [\sigma_F] = 118 \text{ MPa}$$

## List of references

1. Handbook for the mechanical engineer. In two volumes. Volume 2. Edited by A.G. Kosilova and R.K. Meshcheryakov, A.M. Dalsky and A.G. Suslov. Fifth corrected edition. 2003. -943 p., ill.
2. GOST 19650-97. Cylindrical worm gears. / Calculation of geometric parameters. Official edition. Minsk-2001. -12p.
3. GOST 19672-74. Modules and coefficients of worm diameter. Official edition. Moscow - 1986. -6p.
4. Course design of machine parts. Textbook for students of K93 machine-building specialties of technical schools / S.A. Chernavsky, K.N. Bokov, I.M. Chernin et al. — 2nd revised and expanded edition. — Moscow: Mashinostroenie, 1988. — 416 p.: ill.
5. Machine parts. Textbook for students of machine-building technical schools. - Moscow: Higher School, Kuklin N.G., Kuklina G.S. 1973. - 384 p.
6. Threading by milling method [Text] / Master I.P. Chudinov; Edited by engineer T. Volkov A.A. - Perm: Bureau of Technical Propaganda and Working Inventions of the Molotov Plant, 1939. - 8 p.
7. Tools for manufacturing precise internal threads: Educational manual for the course "Cutting tools and tooling for automated production" for students of specialties 1201,1202 and T29 / V.V. Zakharov; Saratov State Technical University. - Saratov: SSTU, 1994. - 102, [1] p.