TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

Школа ИШНПТ
Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) Машиностроение

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование напряженно-деформированного состояния гибкого колеса волновой зубчатой передачи

УДК: 621.833-182:621.86.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ01	Сюй Цяньхао		04.06.2022

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С.	к.т.н.		04.06.2022

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		01.06.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	д.т.н.		01.06.2022

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении	Мартюшев Н.В.	к.т.н.		

Томск – 2022 г.

Результаты обучения по ООП Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
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
Общепрофессиональные компетенции	
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
Профессиональные компетенции	
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

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ
Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель: ООП 15.04.01

_____ _____ Мартюшев Н.В.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ01	Сюй Цяньхао

Тема работы:

Исследование напряженно-деформированного состояния гибкого колеса волновой зубчатой передачи	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№55-45/с от 24.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2020

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*	– гибкое колесо волновой зубчатой передачи – режим работы периодический – материал изделия сталь 30ХГСА – мощность на валу генератора 1,5кВт

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение поработе).*	1. Разработать 3Д модель волновой передачи с дисковым генератором волн. 2. Разработать расчетную модель для гибкого колеса волновой зубчатой передачи. 3. Определить напряжения в гибком колесе волновой передачи. 4. Установить величину предельного крутящего момента для гибкого колеса.
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	– Демонстрационный материал (презентация) - 23 слайда PowerPoint

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Исследовательский	Коротков В.С.
Конструкторский	Коротков В.С.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.
Исследовательский (на английском языке)	Сыскина А.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

1.4 Описание принципа работы волновой зубчатой передачи
1.4 Description of the working principle of wave gear

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.12.2022

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков Владимир Сергеевич	к.т.н.		25.12.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ01	Сюй Цяньхао		25.12.2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа имеет объем 98 с., включает в себя 35 рисунков, 39 формул, 21 таблиц, 10 источников и 1 приложение.

Ключевые слова: волновая зубчатая передача, гибкое колесо, жесткое колесо, генератор волн, CAE-система, эквивалентные напряжения, деформация.

Объектом исследования является волновой зубчатый редуктор для ручной машины электробур.

Цель работы: исследовать напряженно-деформированное состояние гибкого колеса волновой зубчатой передачи.

Практическая новизна: расчетная модель гибкого колеса волновой зубчатой передачи (ВЗП) может использоваться для определения напряжений в различных местах детали при изменении рабочей нагрузки в заданных пределах. Различные виды напряжений могут быть определены как на зубчатом венце, на гладкой части гибкого колеса, так и в местах перехода одной поверхности в другую, т.е. в местах концентрации напряжений.

Значения напряжений в гибком колесе ВЗП, полученные в программе ANSYS соотносятся с результатами инженерного расчета, выполненными вручную.

Моделирование условий работы гибкого колеса ВЗП в CAE системе снижает затраты на проведение натурных испытаний.

Результаты исследования могут использоваться при разработке конструкции ручного электробура.

Оглавление

Введение 9

1 Исследовательская часть 11

1.1 Обзор литературы по теме исследования 11

1.2 Объект и методы исследования 13

1.3 Обоснование применения ВЗП в приводе ручной машины 14

1.4 Описание принципа работы волновой зубчатой передачи 15

1.5 Напряженно-деформированное состояние гибкого колеса ВЗП с использованием CAE ANSYS 16

Выводы 32

2 Конструкторская часть 33

2.1 Разработка 3Д модели волновой зубчатой передачи 33

Выводы 37

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 39

Введение 39

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 40

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений 40

3.1.2 SWOT-анализ 41

3.2 Планирование научно-исследовательских работ 44

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования 44

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения 45

3.3 Бюджет научно-технического исследования 48
3.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования 49
3.3.2 Расчет амортизации специального оборудования..... 49
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы..... 50
3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы..... 52
3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) 53
3.3.6 Накладные расходы..... 54
3.3.7 Бюджетная стоимость НИР 54
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 55
3.4.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов 57
Выводы 60
4 Социальная ответственность 63
Введение..... 63
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 64
4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства 64
4.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны..... 64
4.2 Производственная безопасность..... 66
4.2.1 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами 66
4.2.2 Повышенный уровень шума 68
4.2.3 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения70

4.2.4 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 70

4.2.5. Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса.. 72

4.3 Расчет уровня производственного фактора 74

4.4 Экологическая безопасность 77

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 78

Вывод 81

Заключение 82

Список литературы 83

Нормативные ссылки 85

Приложение - Раздел на иностранном языке 87

Введение

Объект исследования: волновой зубчатый редуктор для ручной машины электробур.

Предмет исследования: напряжения, возникающие в гибком колесе волновой зубчатой передачи в процессе работы.

Актуальность: волновые зубчатые редукторы применяются в разных механических устройствах (роботах, приводах антенн, строительных машинах и т.п.). Численное определение напряжений в нагруженных деталях, возникающих во время работы редуктора, позволяет прогнозировать его работоспособность и надежность в заданных условиях эксплуатации.

Моделирование рабочего процесса волнового зубчатого редуктора в CAE программах снижает затраты на проведение натурных испытаний.

Цель: исследовать напряженно-деформированное состояние гибкого колеса волновой зубчатой передачи.

Задачи:

1. Разработать 3Д модель волновой передачи с дисковым генератором волн.

2. Разработать расчетную модель для гибкого колеса волновой зубчатой передачи.

3. Определить напряжения в гибком колесе волновой передачи.

4. Установить величину предельного крутящего момента для гибкого колеса.

Практическая применимость: расчетная модель гибкого колеса волновой зубчатой передачи (ВЗП) может использоваться для определения напряжений в

различных местах детали при изменении рабочей нагрузки в заданных пределах. Различные виды напряжений могут быть определены как на зубчатом венце, на гладкой части гибкого колеса, так и в местах перехода одной поверхности в другую, т.е. в местах концентрации напряжений.

1 Исследовательская часть

1.1 Обзор литературы по теме исследования

Волновая передача - механическая передача (зубчатые, фрикционные, винтовые), где вращение передается и трансформируется циклическим возбуждением волн деформации в так называемых гибких элементах (отсюда и название «волны»). Эта трансмиссия была запатентована американским инженером Массером в 1959 году[1].

В России с разной интенсивностью велись и ведутся работы по разработке жизнеспособной конструкции волнового редуктора.

В 1981 году Иванов М.Н. написал книгу "Волновые зубчатые передачи", в которой изложены расчет, конструкция и применение, сравнительные характеристики, принцип работы, геометрические параметры и расчеты на прочность волновых передач. Содержит теоретические и экспериментальные исследования и конструкторские разработки в отечественных и зарубежных организациях [2].

Гинзбург Е. Г. также исследовал и писал о зубчатых передачах. Настоящий справочник содержит геометрические и прочностные методы расчета зубчатых передач, рекомендации по нормированию точности и методы выбора и испытания зубчатых колес, червячных и червячных передач, сведения о технологии и способах их изготовления. Второе издание (издание 1967 г.) предоставило новые определения и названия, а также геометрические и прочностные расчеты по действующим на момент издания нормам, новую

систему классов точности[3].

Исследованием прочностных характеристик редукторов с ВЗП занимались А.Е. Беляев и В.С. Янгулов в Томском политехническом университете[4].

В Китае развитие технологии волновой передачи можно проследить до начала 1960-х годов. В 1961 году Шанхайский научно-исследовательский институт текстиля представил эту технологию в Китае.Первоначально она использовалась только для военных и аэрокосмических приложений, а в гражданских целях постепенно не использовалась до 1980-х годов. Таким образом, прецизионный короткотрубный гибкий волновой редуктор с малым модулем является тенденцией развития волновой зубчатой передачи в Китае.

Волновая передача имеет меньшую массу и габариты, более высокую кинематическую точность, меньший люфт, большую интенсивность вибрации за счет гашения колебаний (диссипации энергии), производит меньший шум.

При необходимости такая трансмиссия может передавать движение в герметизированное пространство без использования сальника, что особенно ценно для машин аэрокосмической, космической и подводной техники и химической промышленности[5].

В настоящее время CAE-системы используются для расчета напряжений в узлах и сложных узлах, а работоспособность отдельных элементов и целых конструкций может быть рассчитана и проанализирована на этапе проектирования. Часто эти модули напрямую интегрируются в CAD-систему, такую как Compass 3D, SolidWorks или наоборот, и имеют в своей системе CAD-модуль, такой как ANSYS.

ANSYS — это программная система общего назначения для анализа методом конечных элементов, которая существует и развивается в течение последних 30 лет и пользуется большой популярностью среди специалистов в области автоматизированных инженерных расчетов (CAD или CAE), линейных и нелинейных, стационарных решений методом конечных элементов и нестационарное механическое пространство. Он может эффективно решать задачи механики твердого тела и задачи деформирования конструкций (включая нестационарные геометрические задачи и физические нелинейные задачи, вызванные взаимодействием контактирующих элементов конструкции), задачи механики жидкости и газа, задачи теплопроводности, электродинамические задачи и акустические задачи. . Также включает связанные проблемы механики поля и может решать проблемы, связанные с длительным циклом разработки типа[6].

1.2 Объект и методы исследования

Объект исследования – волновой зубчатый редуктор для ручной машины электробур.

Методы, использованные в данной работе: анализ, синтез и формализация.

В качестве метода оценки полученных результатов применялся метод сравнения полученных данных. Различные результаты сравниваются в системе CAE для анализа напряженного состояния гибкого колеса при различных состояниях нагрузки.

1.3 Обоснование применения ВЗП в приводе ручной машины

Исследования показали, что подавляющее большинство машин с ручным управлением спроектировано и построено на базе коллекторных двигателей (КД) мощностью от 180 Вт до 2 кВт. КД имеет малый удельный вес и частота вращения якоря этого двигателя находится в пределах 12000...18000 об/мин. Поэтому, для получение большого крутящего момента на выходном валу необходимо увеличить передаточное число за счет многоступенчатого редуктора или редуктора с большим передаточным числом в одной ступени. Для некоторых видов работ, например, нарезание и прогонка резьбы, бурение грунта и др. требуется повышенный крутящий момент в сочетании с невысокой частотой вращения на рабочем органе[13]. Сочетание коллекторного двигателя и ВЗП в приводе РМ электробур позволяет получить заданые характеристики на рабочем органе.

Достоинства волновой зубчатой передачи:

1. Большое передаточное число в одной ступени (в диапазоне от 40 до 320);

2. Высокий кпд (0,8-0,9);

3. Компактность и небольшие размеры (в несколько раз меньше передач);

4. Большая несущая способность, небольшой размер и малый вес;

5. Плавная работа и низкий уровень шума при работе;

6. Многозонная сетка, ошибка движения механизма небольшая, а жесткость высокая;

7. Небольшая вибрация, небольшая ошибка изготовления и установки;

8. Благодаря простой конструкции, высокой прочности, высокой

симметрии и высокой надежности срок службы достигает 15 лет;

9. Отсутствие трения скольжения, высокая износостойкость;

10. Стоимость обслуживания самая низкая (за счет использования консистентной смазки нет необходимости контролировать уровень смазочного масла);

11. Низкая инерция, высокая мощность, механизм быстро запускается и тормозит.

В строительстве и сельском хозяйстве многие виды работ требуют применения ручных машин для приложения достаточно высокого крутящего момента к рабочему органу. Например, бурение фундаментов столбов забора, бурение фундаментов малых зданий и эстакад, бурение твердых дорожных покрытий, бурение мерзлых грунтов или льда, взрывное и инженерно-изыскательское бурение и др[7].

1.4 Описание принципа работы волновой зубчатой передачи

Состоит из жесткого неподвижного элемента — шестерни с внутренними зубьями. Эта шестерня неподвижна относительно корпуса трансмиссии; упругий элемент - наружные зубья входят в зацепление с тонкостенной упругой шестерней выходного вала; генератор волн - обычно состоит из кулачкового, эксцентрикового или других механизмов. Они могут растягивать гибкий элемент, образуя пару зацеплений с неподвижным элементом в двух (или более) точках. Число зубьев гибкого колеса немного меньше, чем у жесткого колеса. Количество волн деформации равно количеству выступов на образующей. В

верхней части волны зубья гибкого колеса полностью входят в зацепление с зубьями жесткого колеса, а в нижней части волны полностью разъединены. Линейная скорость волны деформации соответствует скорости вершины выступа на генераторе, т.е. в гибком элементе имеется бегущая волна с известной линейной скоростью. Разница между числом зубьев жесткого колеса и числом зубьев гибкого колеса обычно равна (реже кратна) числу волн деформации[8].

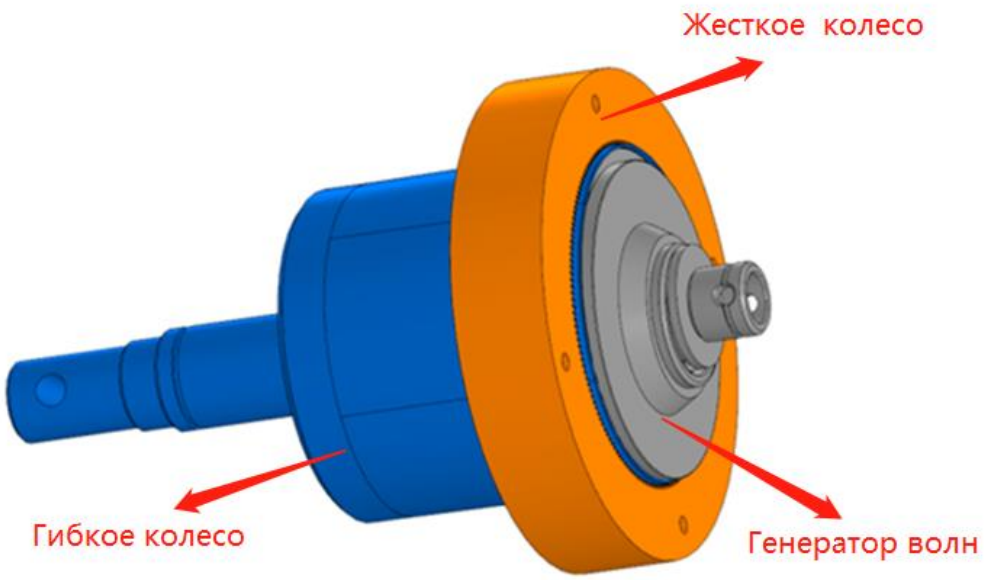

Рисунок 1.1. Волновая зубчатая передача

Волновая зубчатая передача отличается от обычной зубчатой передачи. Передача крутящего момента и движения в основном зависит от постоянной упругой деформации гибкого колеса.

1.5 Напряженно-деформированное состояние гибкого колеса ВЗП с использованием CAE ANSYS

Для деформации и усилия гибкого колеса в сочетании анализированием эти параметры. Здесь анализ выполняется с помощью ANSYS.

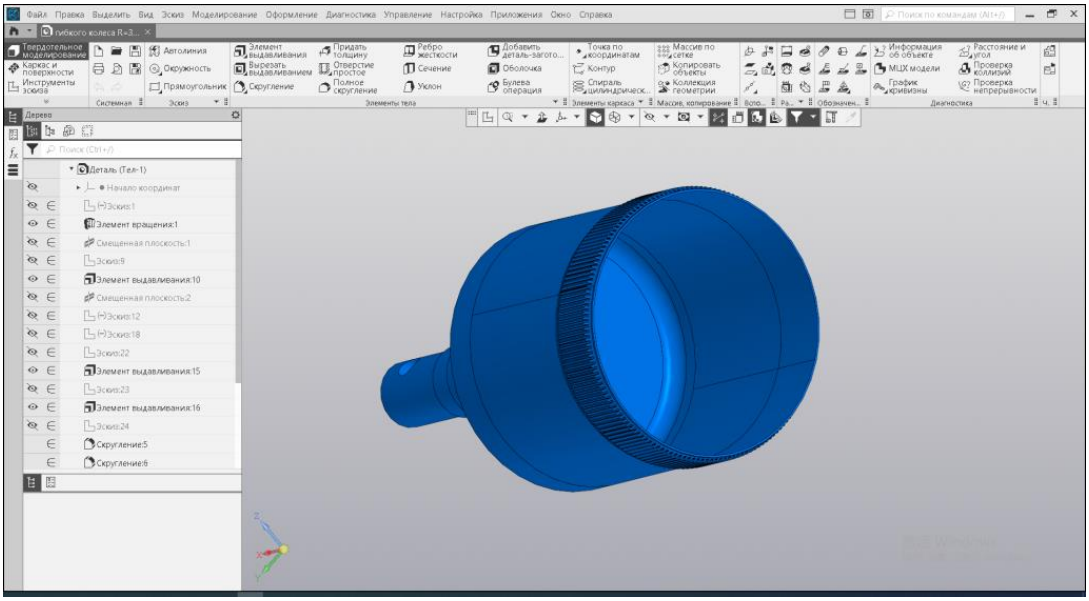

Рисунок 1.2. Гибкого колеса R=3 деформированный

После объединения гибкого колеса оно деформируется. Но эта деформация не очевидна, он изменил форму гибкого колеса на овальную. Но общее изменение периметра его профиля крайне мало.

Материалы гибкого и жёсткого колёс:

Гибкого:20ХН3А;40ХНМА;38Х2МЮА;30ХГСА;12Х18НЮТ.

Жёсткого:30ХГСА;50Х;40Х и подобные им. НВ250…280.

Поскольку объектом нашего исследования является гибкое колесо, то расчет напряжений проводится только для всего гибкого колеса. Поэтому здесь надо устанавливать только гибкий материал колеса. Материалы генератора волн и жесткого колеса задаются как твердые тела, то есть деформация генератора волн и жесткого колеса при приложении нагрузки не рассматривается, и расчет напряжений по ним не проводится[9].

Использование систему ANSYS для анализа силы гибкого колеса:

Сначала определить материал. Импортировать материалы, вводя различные свойства стали 30ХГСА.

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m^-3		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
5	Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C^-1		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's Modulus and Po...			
8	Young's Modulus	2E+11	Pa		
9	Poisson's Ratio	0.3			
10	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa		
11	Shear Modulus	7.6923E+10	Pa		
12	Strain-Life Parameters				
13	Display Curve Type	Strain-Life			
14	Strength Coefficient	9.2E+08	Pa		
15	Strength Exponent	-0.106			
16	Ductility Coefficient	0.213			
17	Ductility Exponent	-0.47			
18	Cyclic Strength Coefficient	1E+09	Pa		
19	Cyclic Strain Hardening Exponent	0.2			
20	S-N Curve	Tabular			
21	Interpolation	Log-Log			
22	Scale	1			
23	Offset	0	Pa		
24	Tensile Yield Strength	470	MPa		
25	Compressive Yield Strength	2.5E+08	Pa		
26	Tensile Ultimate Strength	1080	MPa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

Рисунок 1.3. Материал сталь 30ХГСА система затвердевания

Так как материала стали 30ХГСА в системе ANSYS нет, нужно установить здесь свойства материала на свойства стали 30ХГСА для имитации реального материала.

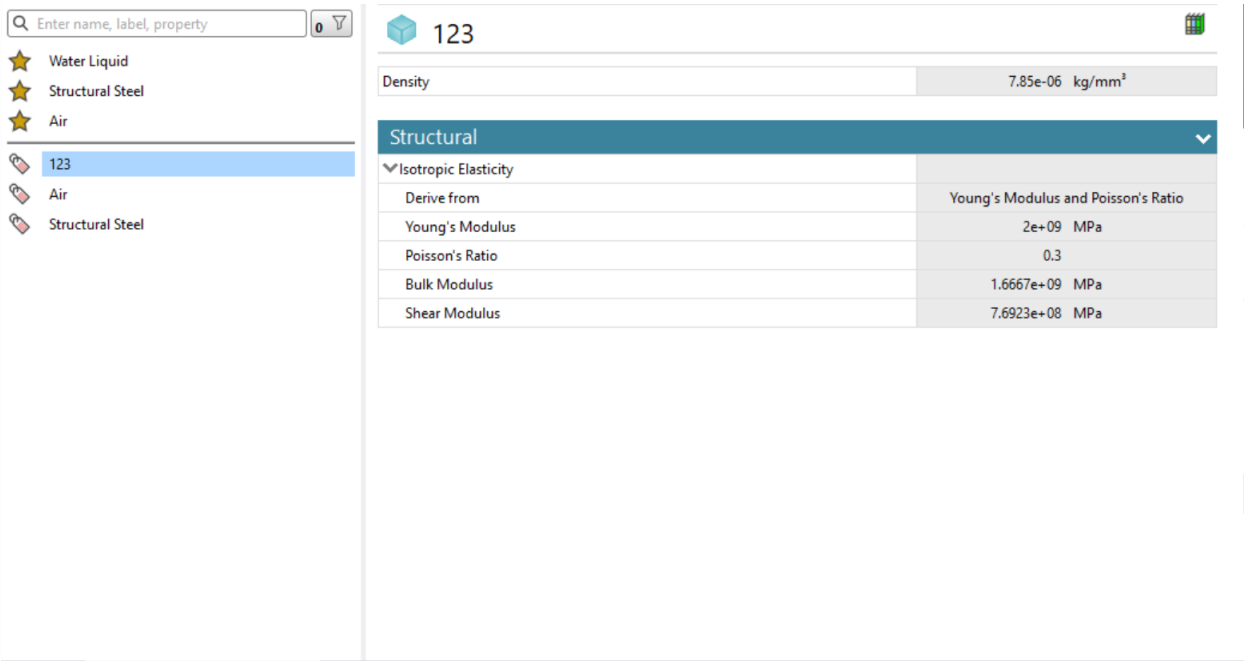

Рисунок 1.4. Свойства материала генератора волн

Таблица 1.1. Свойства стали 30ХГСА

Свойства сталь 30ХГСА	
Плотность, г/см^3	7,82
Модуль упругости, МПа	215000

Продолжение таблицы 1.1

Модуль сдвига, МПа	84000
Модуль объемного сжатия, Па	1,6667e+11
Коэффициент температурного расширения, C^{-1}	1,2e-0,5
Твердость по Бринеллю	487
Предел прочности при растяжении, МПа	1080
Предел текучести при растяжении, МПа	470
Ударная вязкость, кДж / $м^2$	49
Предел выносливости, МПа	490

Расчтетная схема для программы CAE показана на рисунке 1.6:

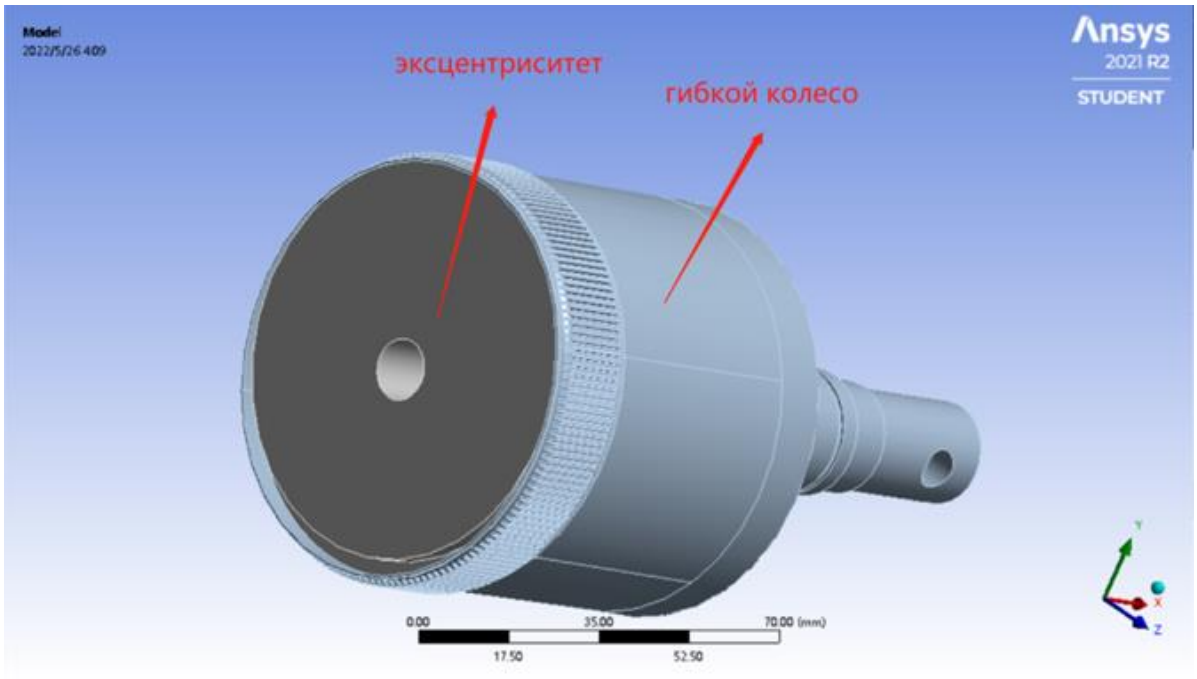

Рисунок 1.5. Расчтетная схема для программы CAE

Затем создаем сетку импортированной 3D-модели гибкого колеса для анализа напряжений.

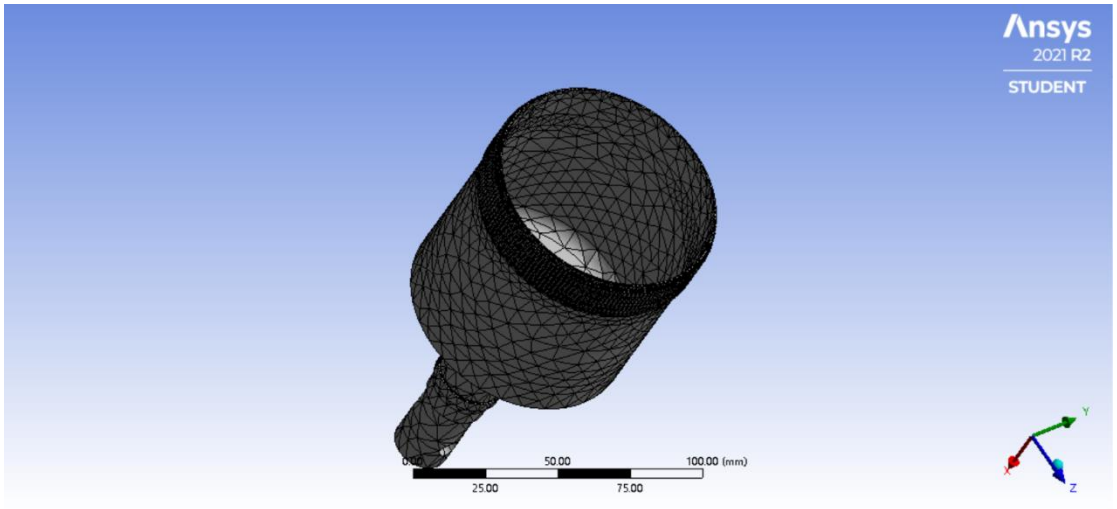

Рисунок 1.6. Сетка импортированной 3D-модели гибкого колеса

При этом задаем сетку, используемую для анализа напряжений на гибком колесе, и задаем интервал отображения результатов расчета в силовом анализе через эту сетку. В случае преимущественного эквивалентного нагрузку и деформацию состояния зубчатой части гибкого колеса, должно выбирать более дробный и более плотный интервал сетки в зубчатой части.

Поддержите модель, чтобы применить глобальные силы в нужных местоположениях сил.

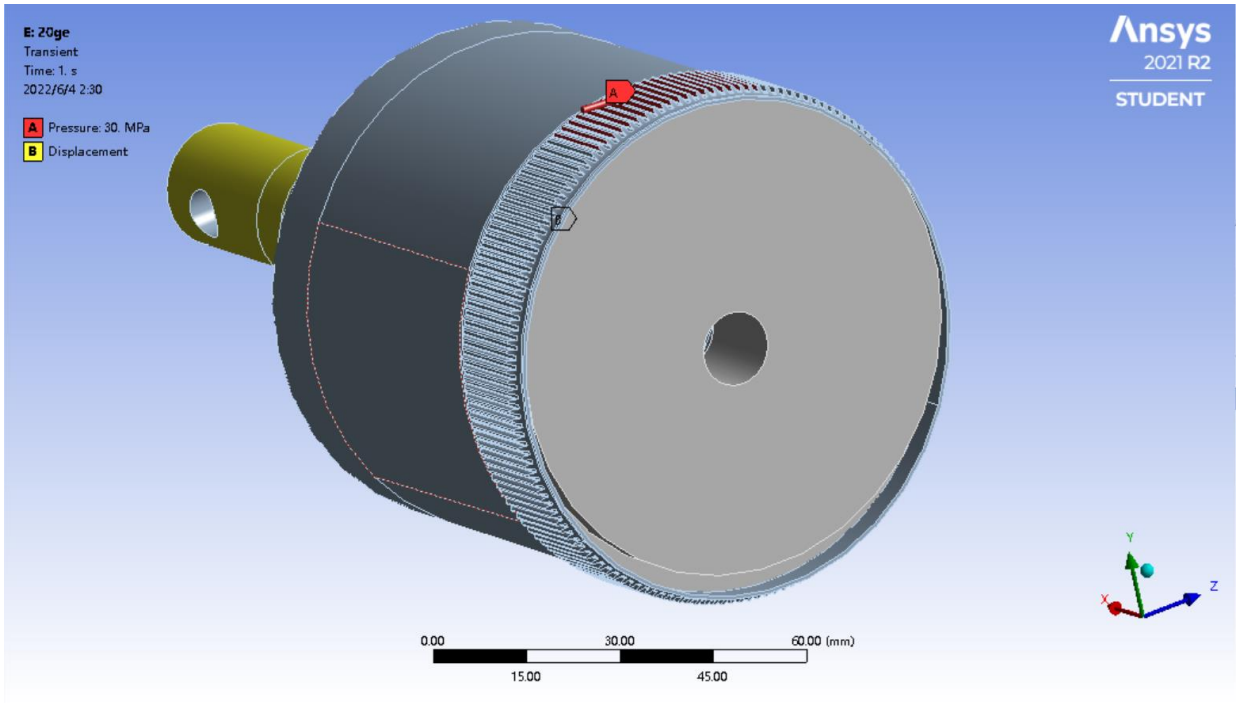

Рисунок 1.7. Система трехмерного моделирования ANSYS

Фиксированное положение выбирает часть гибкой оси. Поскольку деформация здесь относительно мала, ее нелегко повредить в процессе деформации.

Когда редуктор находится в рабочем состоянии, двигатель выбирает генератор волн, что приводит к деформации гибкого колеса и зацеплению зубьев гибкого колеса с жестким колесом. В это время максимальная теоретическая величина деформации должна возникать на зубчатом колесе с гибким колесом, а минимальное значение общей величины деформации гибкого колеса должно приходиться на часть вала гибкого колеса. И часть вала связана с другими частями, поэтому гибкое колесо в целом, вал теоретически меньше всего подвержен влиянию генератора волн, то есть его величиной деформации можно пренебречь. Затем можно применить неподвижную опору к валу.

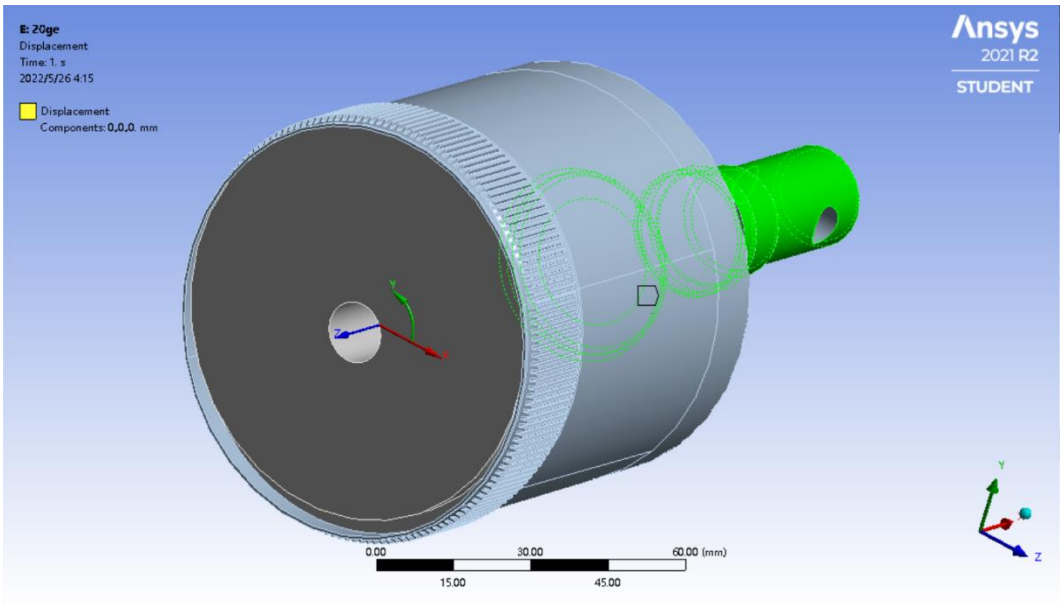

Рисунок 1.8. Фиксированное положение

Сила приложена в двух противоположных направлениях, по 20 зубьев в каждом направлении и с усилием 25 Н на зуб. Общая сила составляет 500 Н на каждую часть.

В волновой зубчатой передаче, когда зубья гибкого колеса и зубья жесткого колеса находятся в зацеплении, поверхность зацепления подобна линии. Поэтому нужно решить приложить давление к стороне зуба, чтобы имитировать состояние зацепления.

В идеальном состоянии, когда 25Н прикладывается к каждому зубу под действием силы его необходимо преобразовать в эквивалентное давление чтобы более точно имитировать состояние нагрузки. То есть необходимо рассчитать площадь, на которую прикладывается нагрузка.

Из предыдущих данных можно сделать вывод, что ширина зуба гибкой шестерни составляет 20 мм, а высота зуба 1,6 мм, тогда минимальная площадь составляет:

$$S = h \times l \quad (1.1)$$

$$P = \frac{N}{S} \times z = \frac{25}{20 \times 1{,}6} \times 20 = 15{,}6 \text{ Мпа} \quad (1.2)$$

Где:

h - высота зуба

l - ширина зуба

z - количество зубов

Здесь, хотя смоделировать линию, нужно взять высоту стопы h примерно равной 0. При высоте зуба 1 мм давление можно получить по формуле (1-9) равной 25 МПа. Затем берите значение давления чуть больше 25 МПа в это время, чтобы смоделировать состояние нагрузки при включении передач. То есть 30 МПа[10].

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	40 Faces
Definition	
Type	Pressure
Define By	Normal To
Applied By	Surface Effect
Loaded Area	Deformed
Magnitude	30. MPa (step applied)
Suppressed	No

Рисунок 1.9. Настройка состояния нагрузки на гибкое колесо в системе CAE

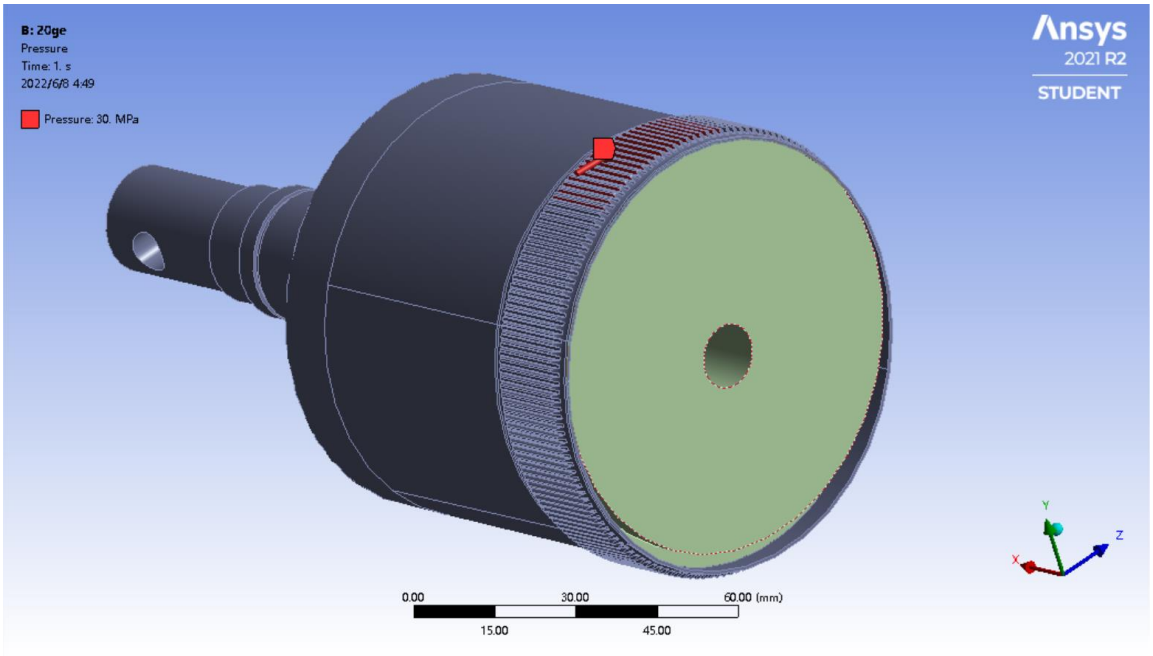

Рисунок 1.10 а) Приложение нагрузки к гибкому колесу в системе CAE

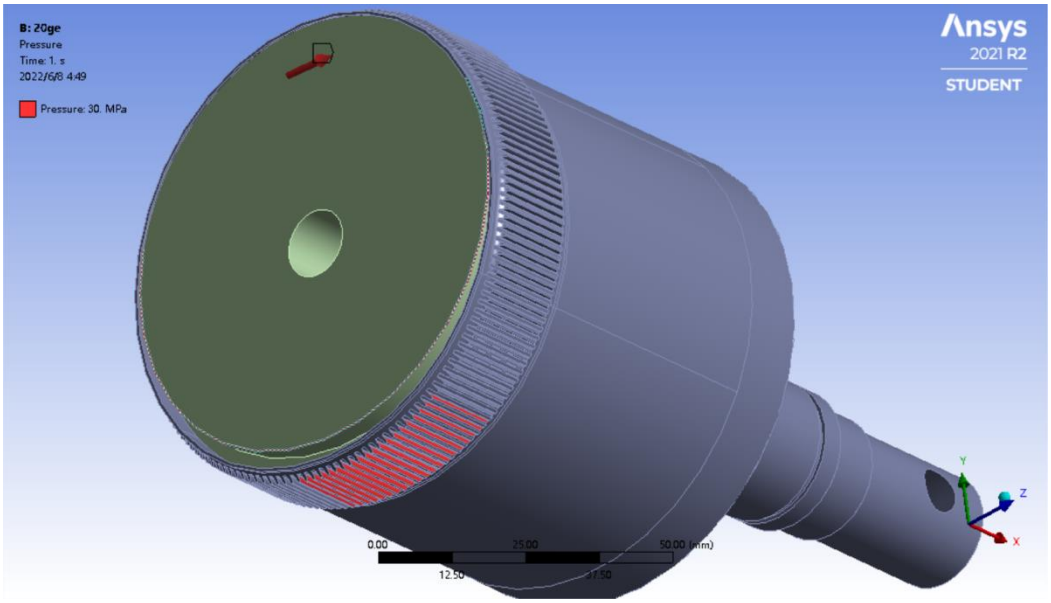

Рисунок 1.10 б) Приложение нагрузки к гибкому колесу в системе CAE

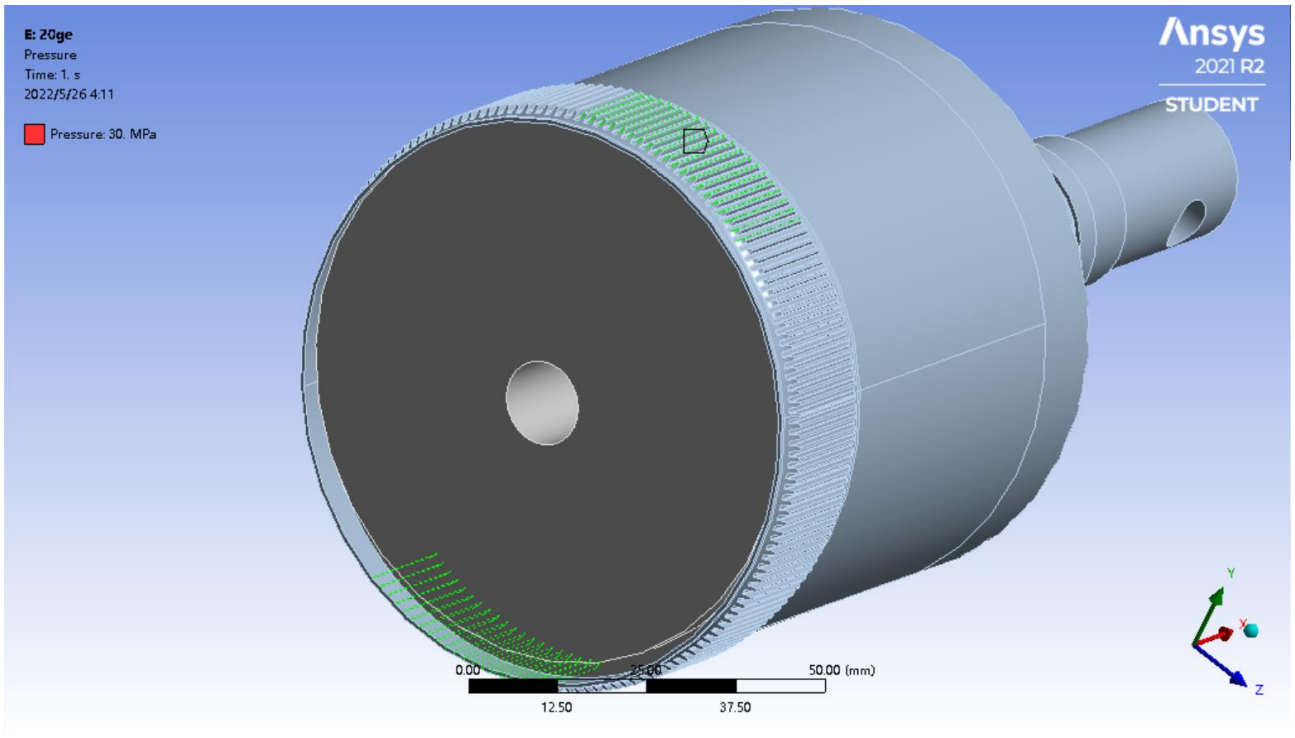

Рисунок 1.11. Гибкая процедура приложения колесной нагрузки в системе CAE

Результаты расчета эквивалентных напряжений показаны на рис. 1.13.

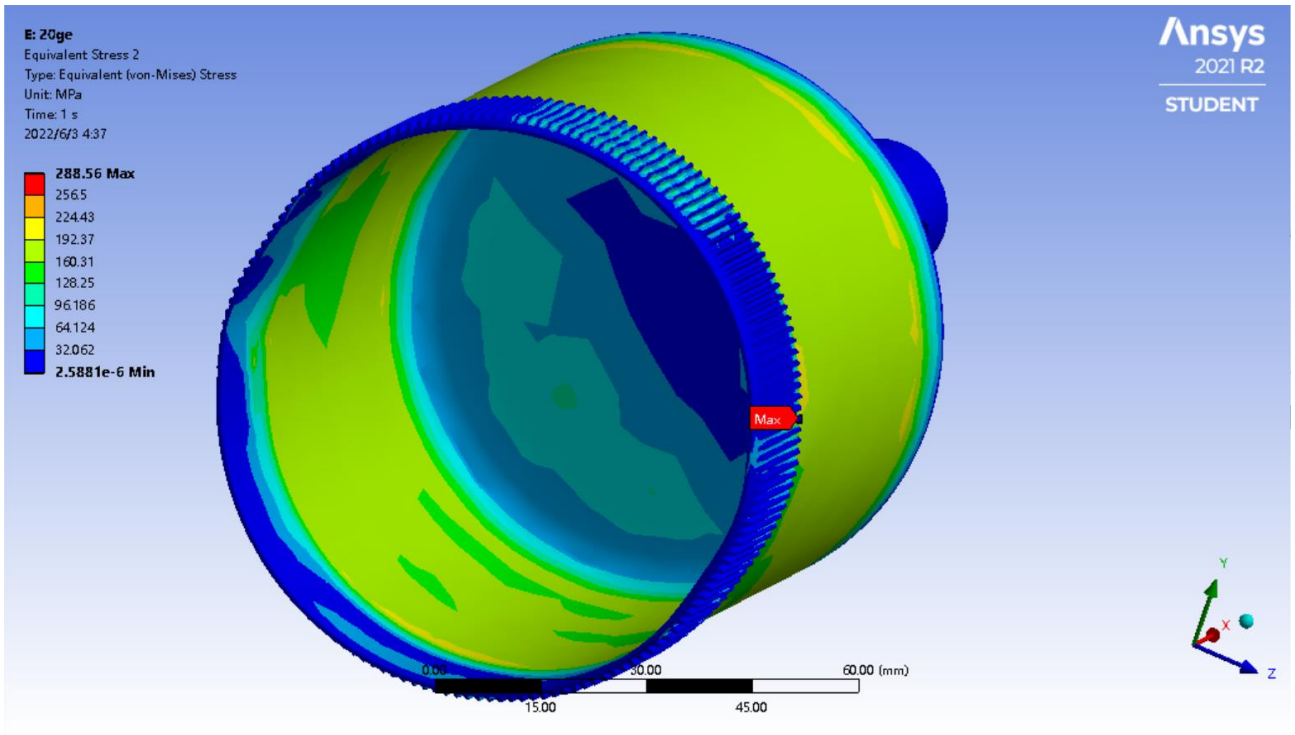

Рисунок 1.12. Максимальная эквивалентные напрежения на гибких колесах при нагрузке 40Н*м

Из рисунка видно: после приложения нагрузки к гибкой части зубчатого колеса значение эквивалентных напряжений значительно больше, чем у других

частей (обозначенных бирюзовым цветом) из-за давления, приложенного к нагруженному зубчатому колесу. То есть это можно понимать так: на зубья гибкого колеса действует сила после зацепления с зубьями жесткого колеса, и нагрузка действительно существует.

Далее, увеличив изображение, чтобы рассмотреть гибкую часть колеса, можно обнаружить, что максимальное значение напряжения гибкой части колеса находится в интервале 160,31МПа-192,37МПа.

При приложении усилия 25 Н к каждому зубу максимальная эквивалентная нагрузка может достигать 192,37МПа, т.е. этот результат является обоснованным. Интервал максимального напряжения показан в виде кольцевого интервала на секции гибкого колеса. То есть это можно понимать так: в рабочем состоянии волнового редуктора на зубе действует максимальная эквивалентная нагрузка 192,37МПа, а на гибкое колесо 288,56МПа.

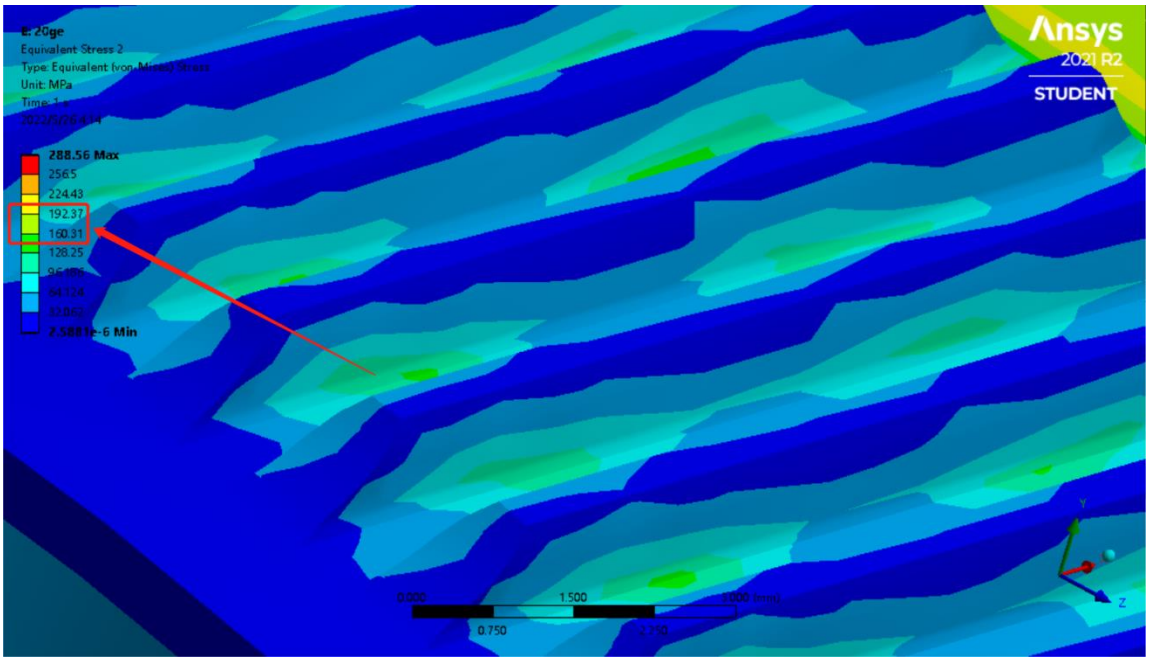

Рисунок 1.13. Максимальная эквивалентные напрежения на зубе

Далее покажем полную деформацию гибкого колеса:

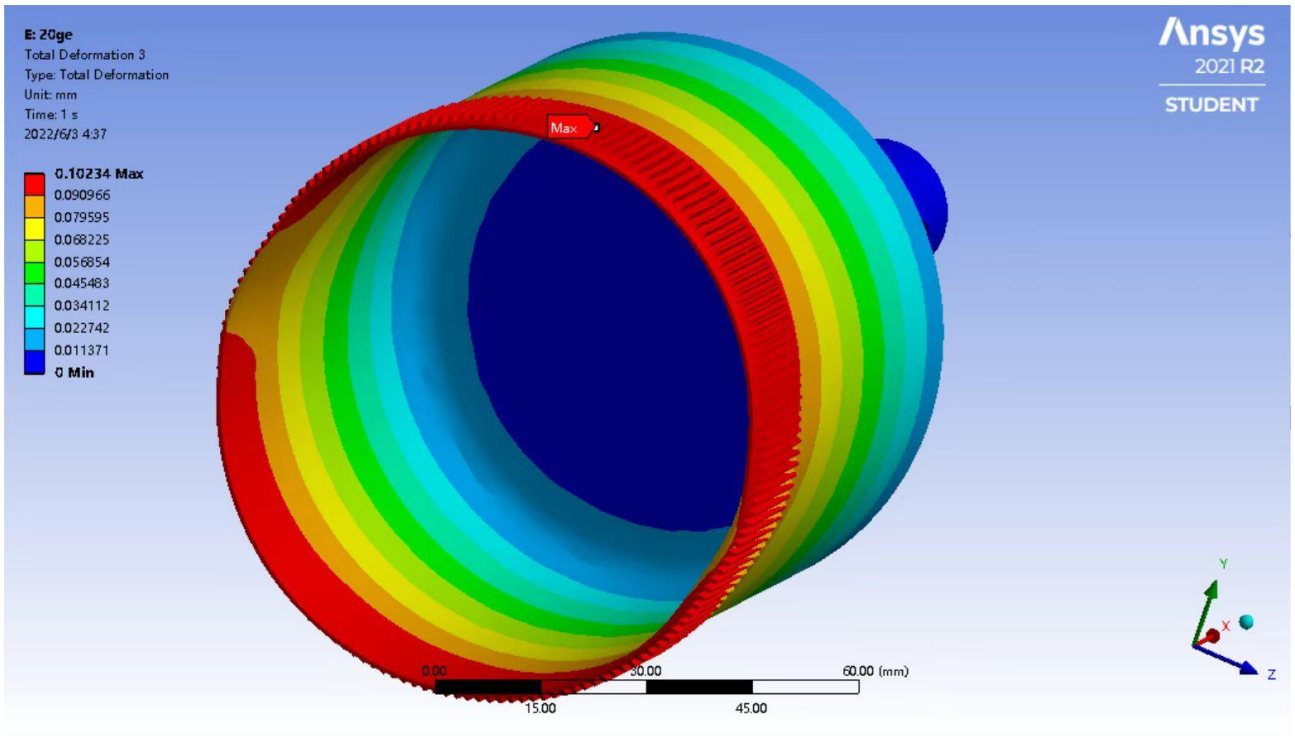

Рисунок 1.14. Полная деформация

Как видно из рисунка: После приложения нагрузки к зубчатой части гибкого колеса наибольшая вариация гибкого колеса происходит в зубчатой части гибкого колеса. Величина деформации постепенно уменьшается от части шестерни к части вала. Максимальное значение деформации 0,10234мм. Эта величина находится в вершине деформированного гибкого колеса, то есть гибкое колесо деформируется генератором волн, а затем входит в зацепление с жестким колесом. Минимальная величина деформации основной части гибкого колеса составляет 0,011371 мм. Это значение находится в конце секции корпуса гибкого колеса (рядом с секцией оси гибкого колеса). Значение этой переменной деформации очень мало, то есть мало влияет на общее гибкое колесо, и в реальном рабочем состоянии им можно пренебречь. А поскольку к гибкой части оси приложена неподвижная опора, деформация части оси составляет 0 мм. Однако, поскольку минимальное значение деформации основной части уже

меньше 0,011371 мм, то деформация валовой части будет меньше и ею можно пренебречь, то есть к валовой части целесообразно применить неподвижную опору.

В приведенном выше исследовании рассматривание приложение силы 25 Н к каждому зубу. То есть эквивалентная нагрузка 40Н*м. Затем можно изменить значение нагрузки и выполнить анализ напряжений на гибком колесе при различных состояниях нагрузки.

Поскольку проводится анализ при различных условиях нагружения, то изменяем только значения давления при условии что, не изменяются другие настройки CAE-программы. Расчет ведем для трех крутящих моментов на ГК: 35Н*м, 30Н*м и 25Н*м.

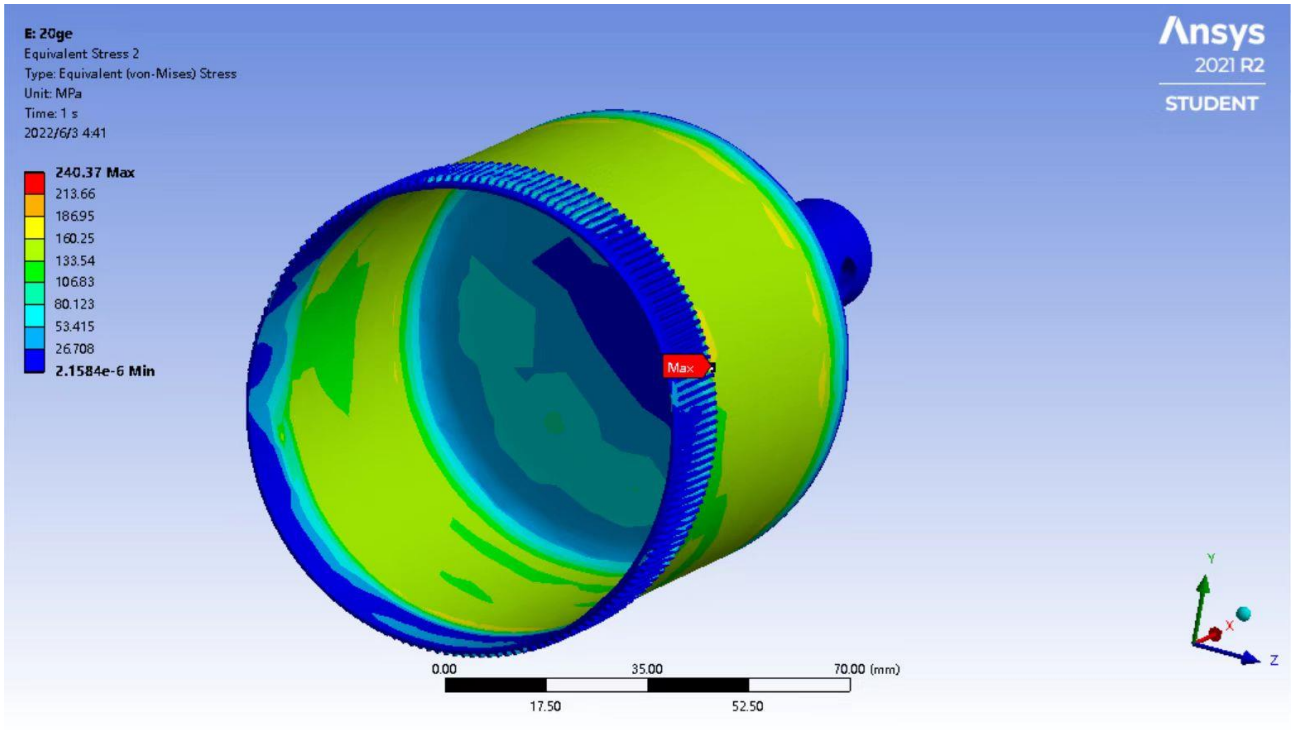

Рисунок 1.15. Эквивалентные напрежения состояние гибкого колеса при нагрузке 35Н*м

Как видно из рисунка ниже, максимальное значение эквивалентные напрежения гибкой части зубчатого колеса находится в диапазоне

133,54МПа-160,25МПа.

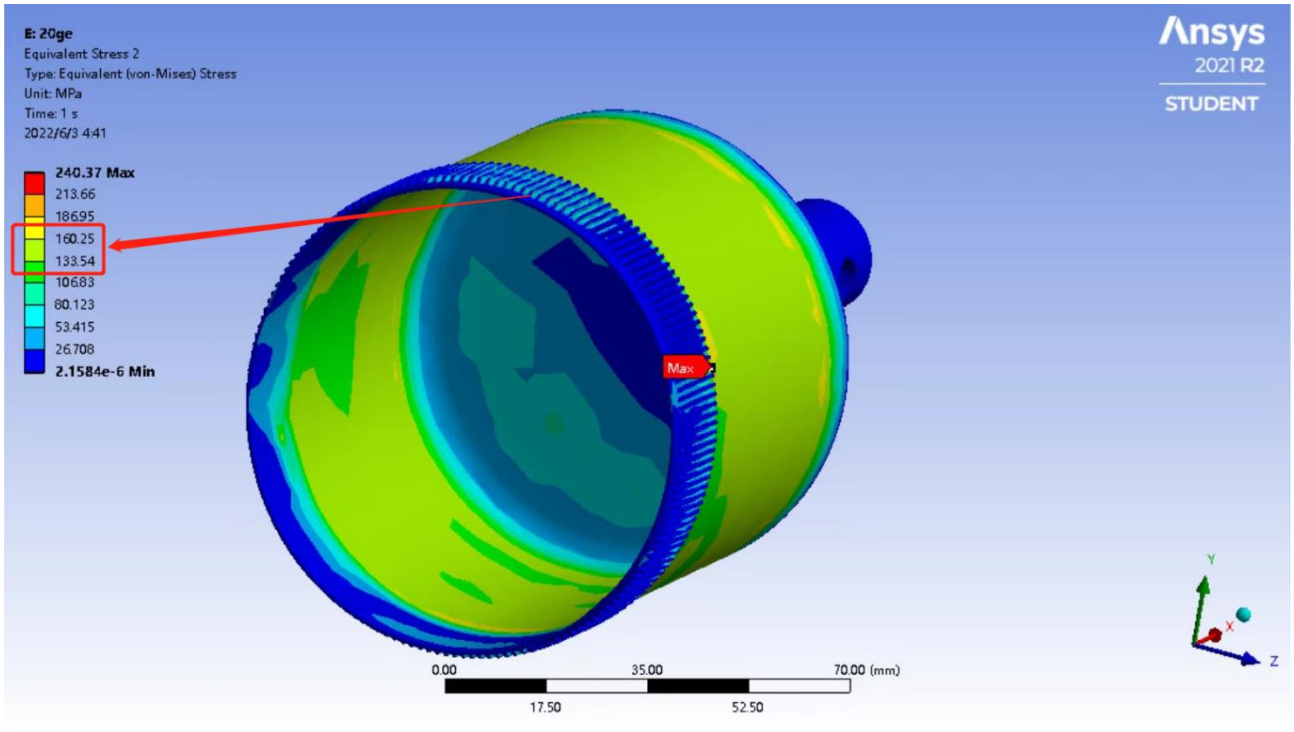

Рисунок 1.16. Максимальная эквивалентные напрежения на гибких колесах при нагрузке 35Н*м

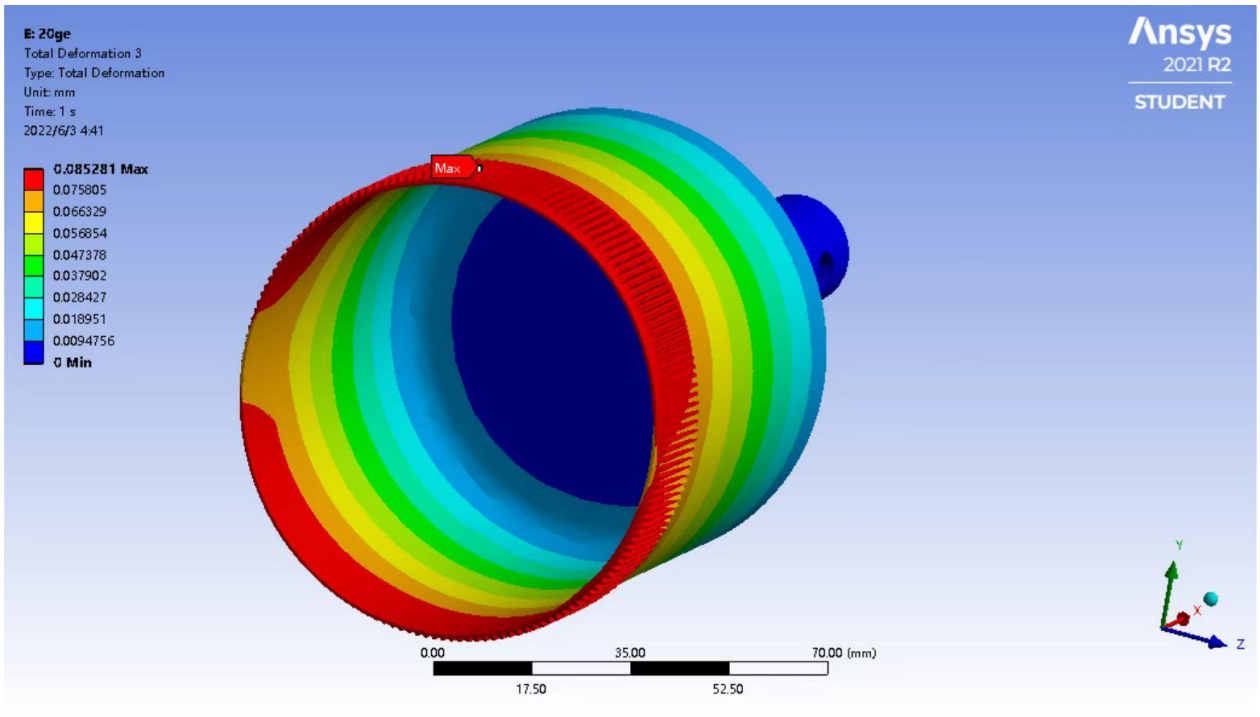

Рисунок 1.17. Полная деформация состояние гибкого колеса при нагрузке 35Н*м

Максимальная величина деформации также возникает на гибкой части зубчатого колеса, и максимальное значение деформации составляет 0,085281

мм.

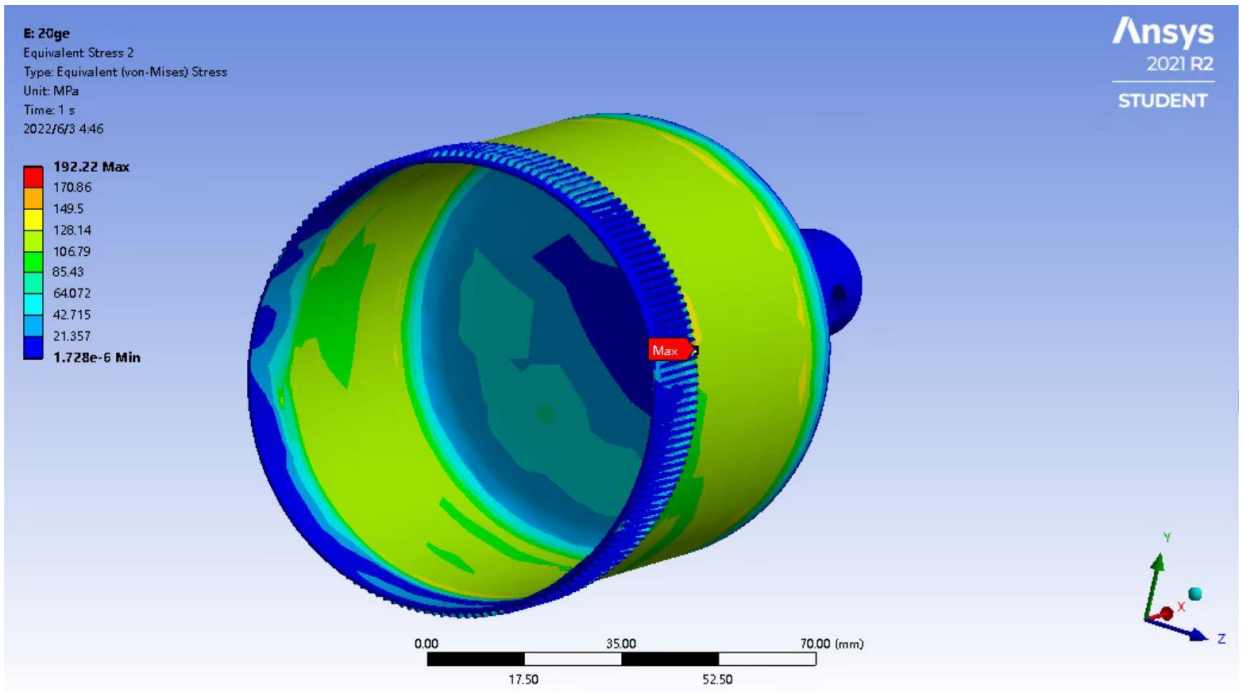

Рисунок 1.18. Эквивалентные напрежения состояние гибкого колеса при нагрузке 30Н*м

Как видно из рисунка ниже, максимальное значение эквивалентные напрежения гибкой части зубчатого колеса находится в диапазоне 106,79МПа-128,14МПа.

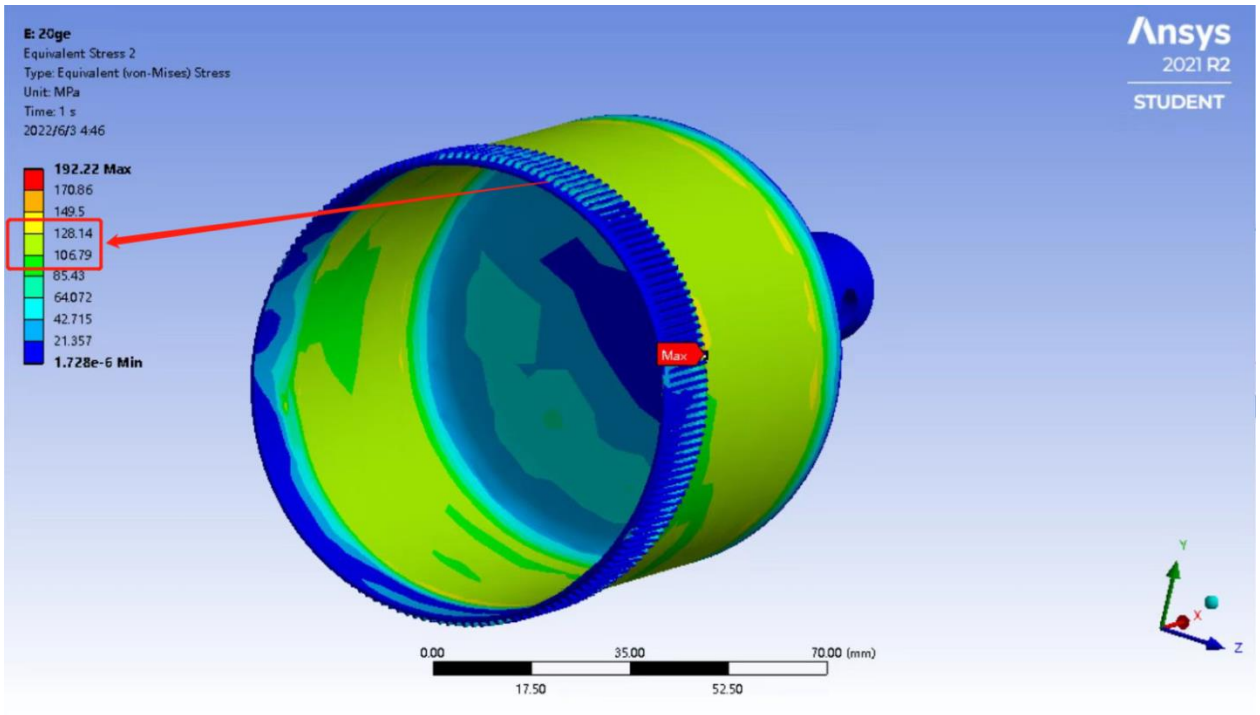

Рисунок 1.19. Максимальная эквивалентные напрежения на гибких колесах при нагрузке 30Н*м

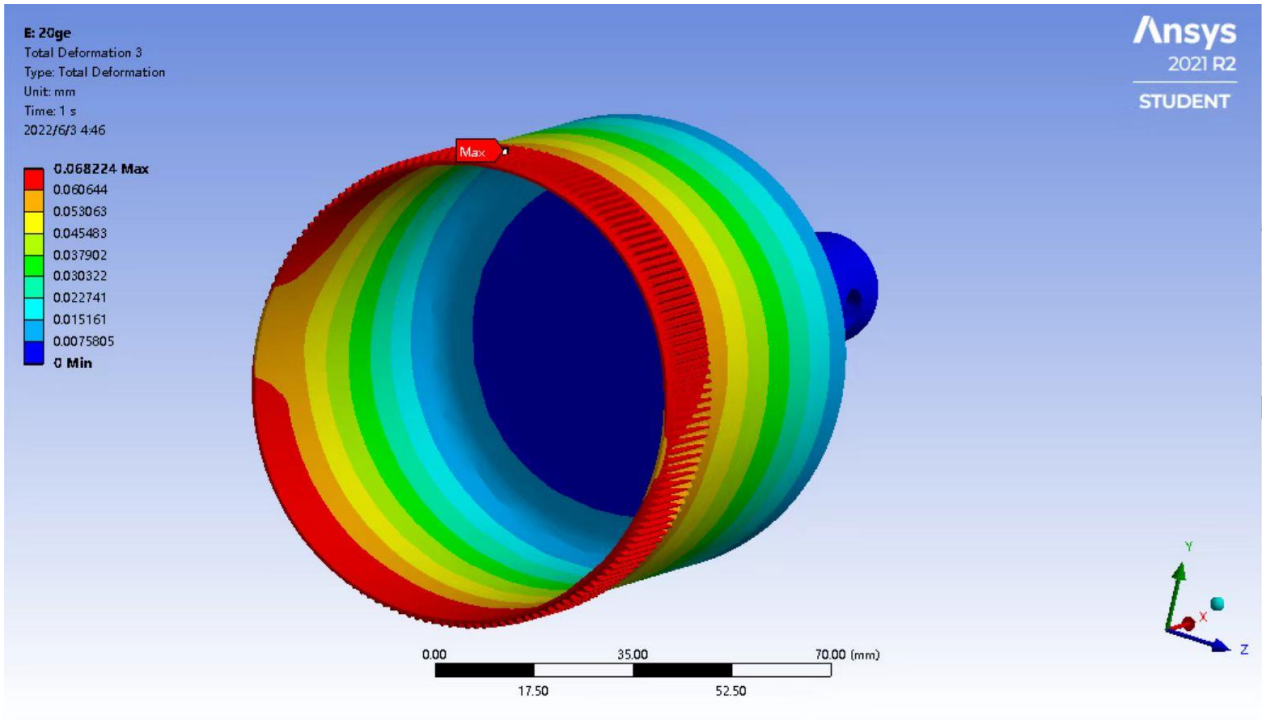

Рисунок 1.20. Полная деформация состояние гибкого колеса при нагрузке 30Н*м

Максимальная величина деформации также возникает на гибкой зубчатого колеса, и максимальное значение деформации составляет 0,068224 мм.

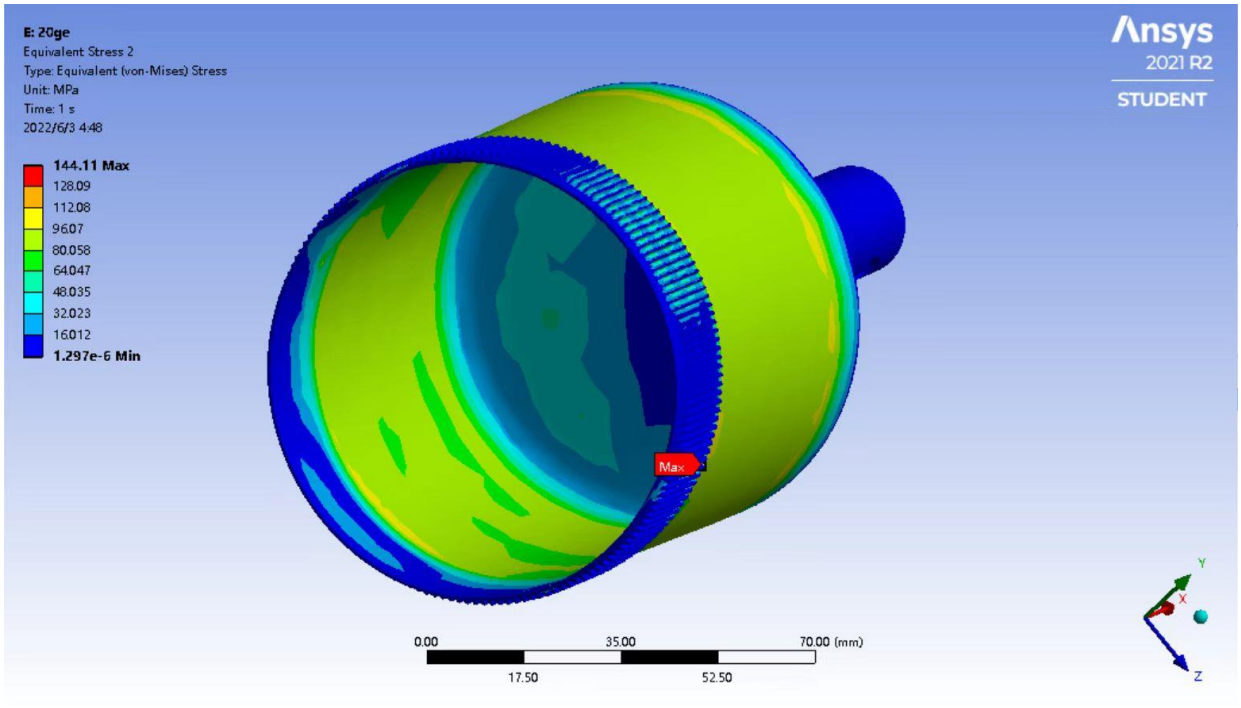

Рисунок 1.21. Эквивалентные напрежения состояние гибкого колеса при нагрузке 25Н*м

Как видно из рисунка ниже, максимальное значение эквивалентные напрежения гибкой части зубчатого колеса находится в диапазоне

80,058МПа-96,07МПа.

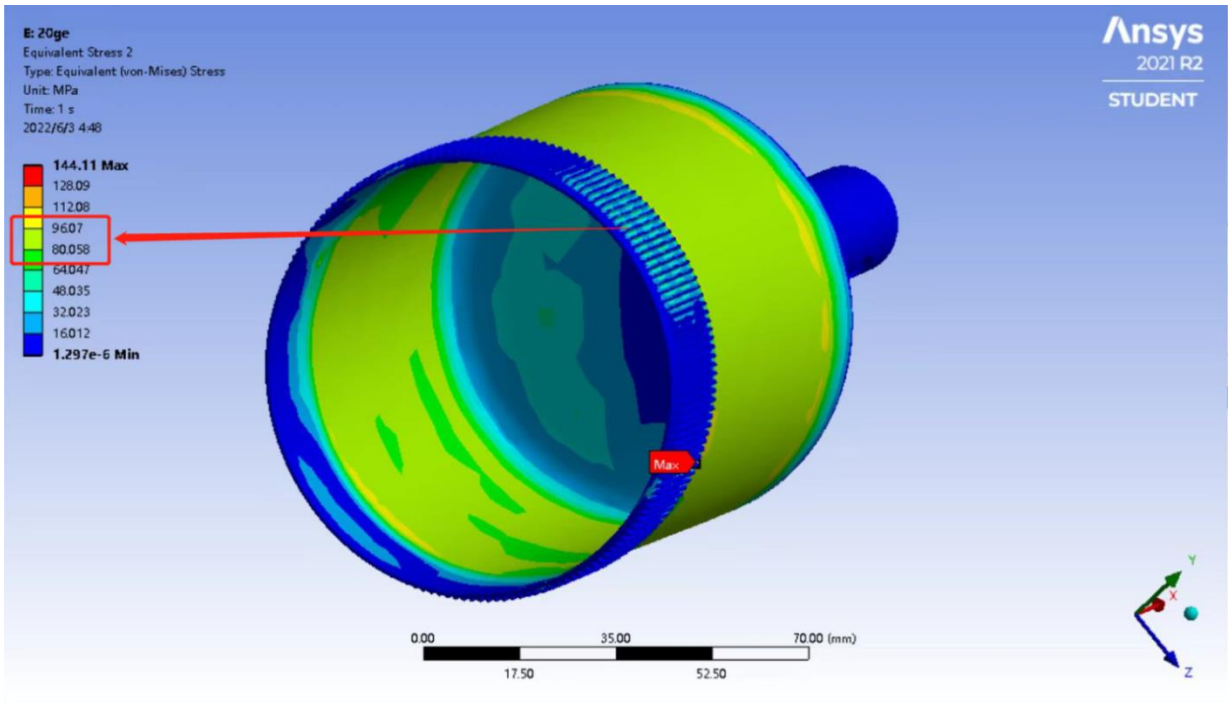

Рисунок 1.22. Максимальная эквивалентные напрежения на гибких колесах при нагрузке 25Н*м

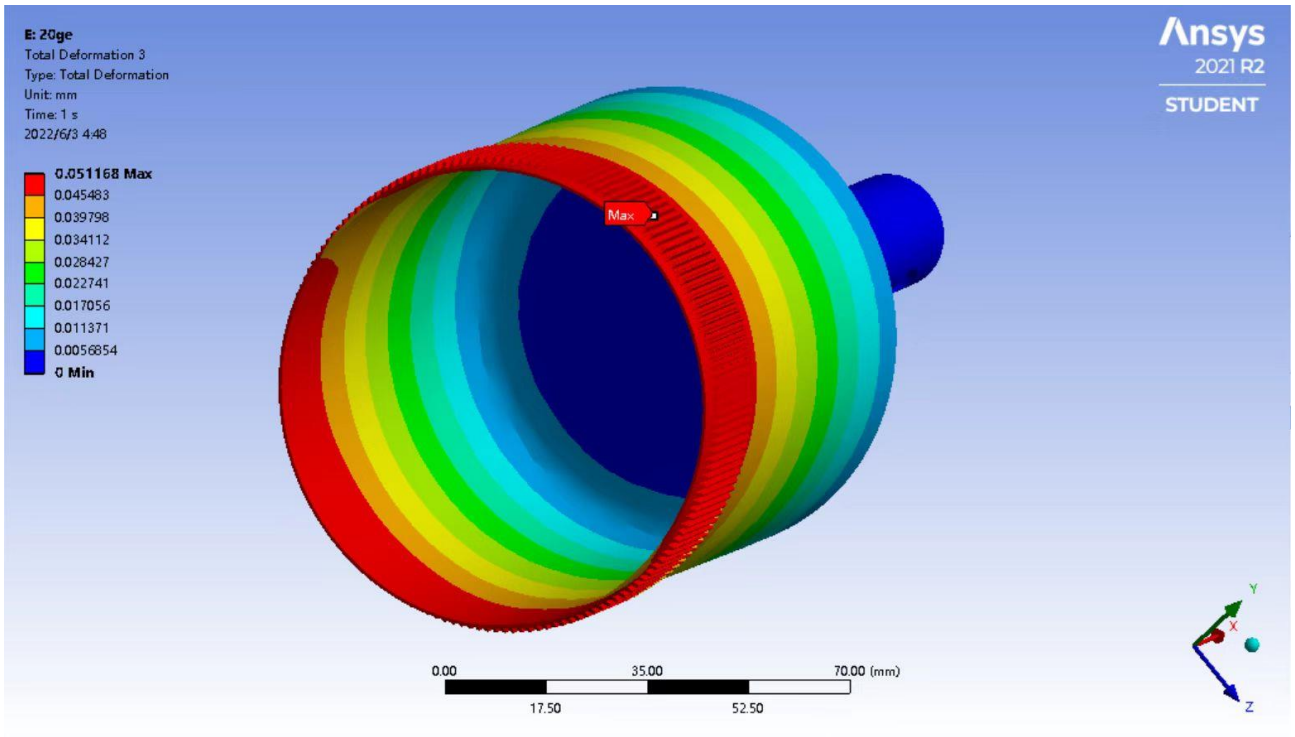

Рисунок 1.23. Полная деформация состояние гибкого колеса при нагрузке 25Н*м

Максимальная величина деформации также возникает на гибкой части зубчатого колеса, и максимальное значение деформации составляет 0,051168 мм.

Таблица 1.2. Максимальные эквивалентные напряжения и полная деформация гибкого колеса при различных условиях нагрузки

Нагрузка на гибком колесе, N*m	Max эквивалентные напрежения на зубе, МПа	Max полная деформация, мм	Max эквивалентные напрежения на гибком колесе, МПа
40	160,31-192,37	0,10234	288,56
35	133,54-160,25	0,085281	240,37
30	106,79-128,14	0,068224	192,22
23	80,058-96,07	0,051168	144,11

Выводы

В ходе выполнения работы установлено:

1. Волновая зубчатая передача с U = 80 можит применяться в приводе ручной машины электробур.
2. Найбольший допустимый кротящий момент на гибком колесе не должен превышать 30Н*М.
3. Эквивалентные напряжения в различых областях гибкого колеса находятся в пределах от 21,35 до 192,22 МПа.
4. Найбольшие напряжения возникают в месте перехода зубчатого венца к гладкой поверхности гибкого колеса.
5. В зубчатый венце напряжения лежат в интервале 106,79 -128,14МПа
6. Найменьшие напряжения возникают на поверхности выходного вала.

2 Конструкторская часть

2.1 Разработка 3Д модели волновой зубчатой передачи

Конструктивная часть волнового зубчатого редуктора состоит из следующих частей:

1. Гибкое колесо;

2. Жесткое колесо;

3. Эксцентриковый вал.

Необходима разработать 3Д модель гибкого колеса волновой зубчатой передачи (ВЗП) с параметрами:

Передаточное число передачи = 80

Число зубьев гибкого колеса = 160

Число зубьев жесткого колеса = 162

Модуль зацепления зубьев =0,5 мм

Внутренний диаметр гибкого колеса = 80 мм

Длина гибкого колеса = 80 мм

Ширина зубчатого венца гибкого колеса = 18 мм

Толщина стенки гибкого колеса = 0,6 мм

Коэффициент смещения исходного контура зуба гибкого колеса = 2,55

Коэффициент смещения исходного контура зуба жесткого колеса = 2,56

Велшилина деформациии ГК – Wo

$$Wo = 0.5m(Z1 - Z2) = 0.5x0.5x(162-160) = 0.5мм \quad (2.1)$$

Диаметр генератри вали – Dг

$$D_г = 2W_o + D_{гк} = 2x0.5+80 = 81мм \quad (2.2)$$

Эксцентриситет генератри вали – e

$$e = 3…4\ W_o = 3.2x0.5 = 1.6мм \quad (2.3)$$

Диаметр впадин зубьев гибкого колеса = 81,20 мм

Диаметр впадин зубьев шесткого колеса = 84,948 мм

Диаметр вершин зубьев гибкого колеса = 83,588 мм

$$84.948+2x0.5048-2x0.38x0.5 = 83.588мм \quad (2.4)$$

Диаметр вершин зубьев шесткого колеса = 82,9596 мм

$$81.6+2x0.5048+2x0.35x0.5 = 82.9596мм \quad (2.5)$$

Высота зуба ГК – hg

$$h_g = (d_{ag} – d_{fg})/2 = (83.588-81.6)/2 = 0.994мм \quad (2.6)$$

Высота зуба ГК – hв

$$h_в = (d_{aв} – d_{fв})/2 = (84,948-82,9596)/2 =0,9942мм \quad (2.7)$$

В конструктивной части волновая передача можно разделить на три части: гибкое колесо, жесткое колесо и эксцентриковый вал.

Конструкция гибкого колеса показана на рис. 2.1:

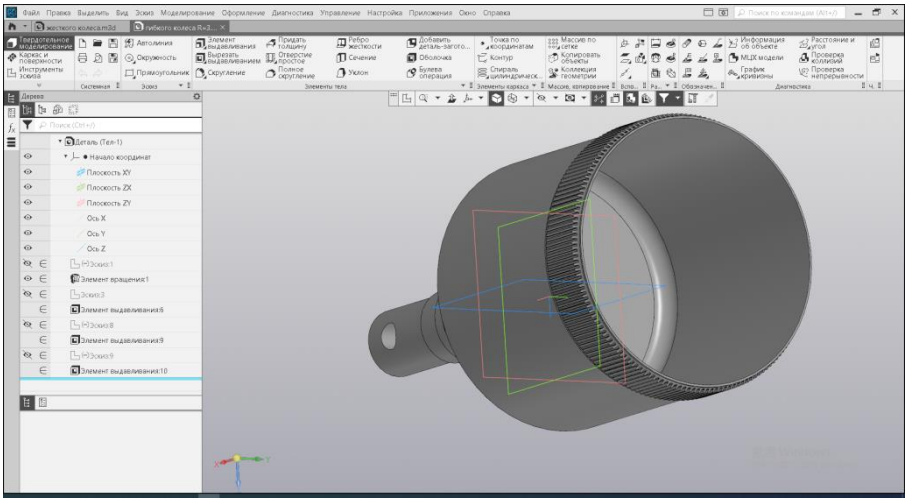

Рисунок 2.1. 3Д модели гибкое колесо

Конструкция жесткого колеса показана на рис. 2.2:

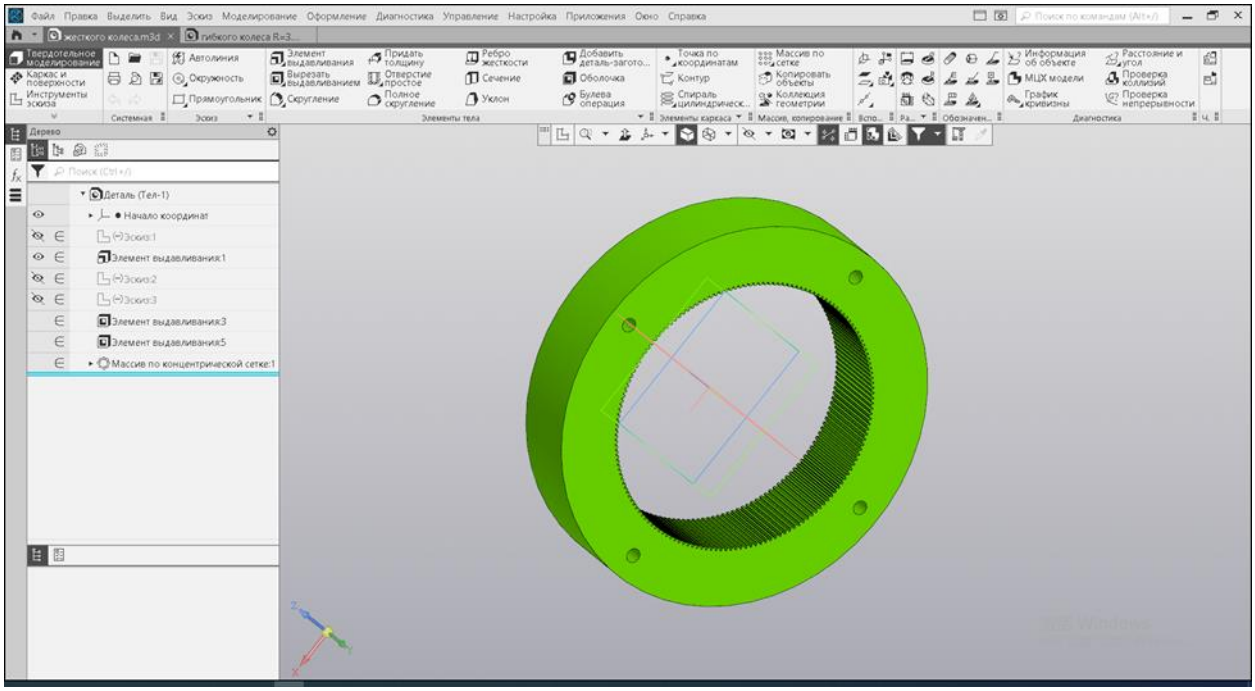

Рисунок 2.2. 3Д модели жёсткое колесо

Эксцентриковый вал показан на рис. 2.3:

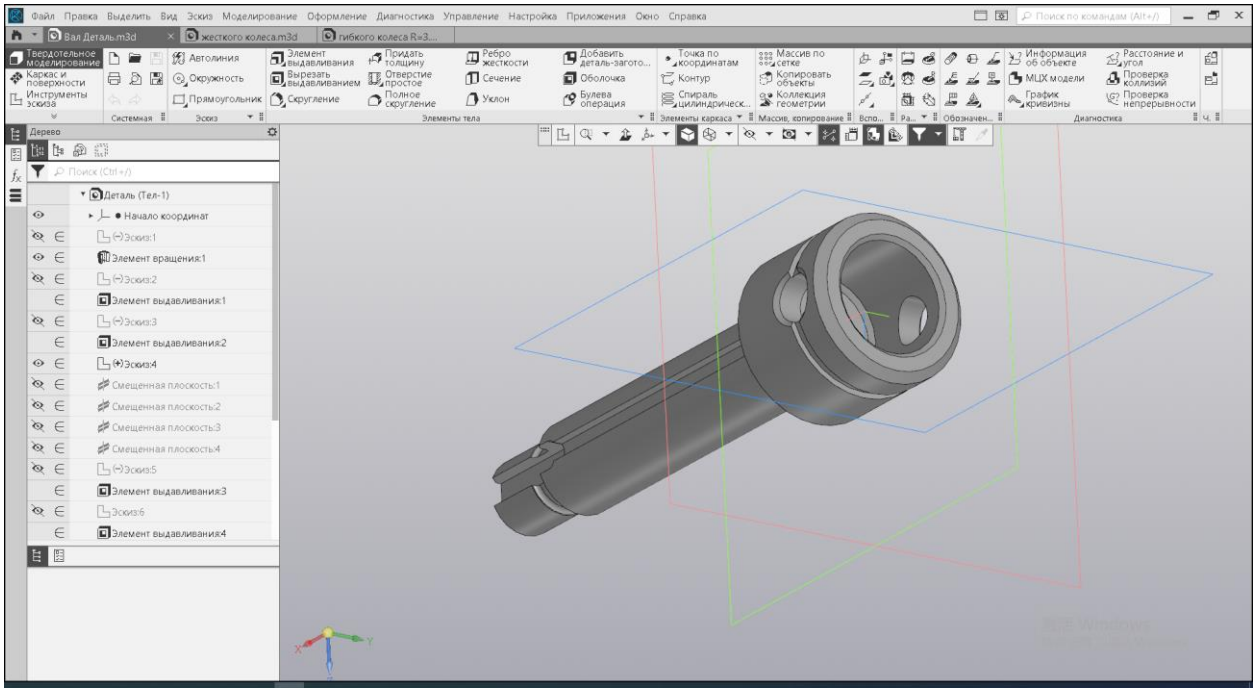

Рисунок 2.3. 3Д модели вал

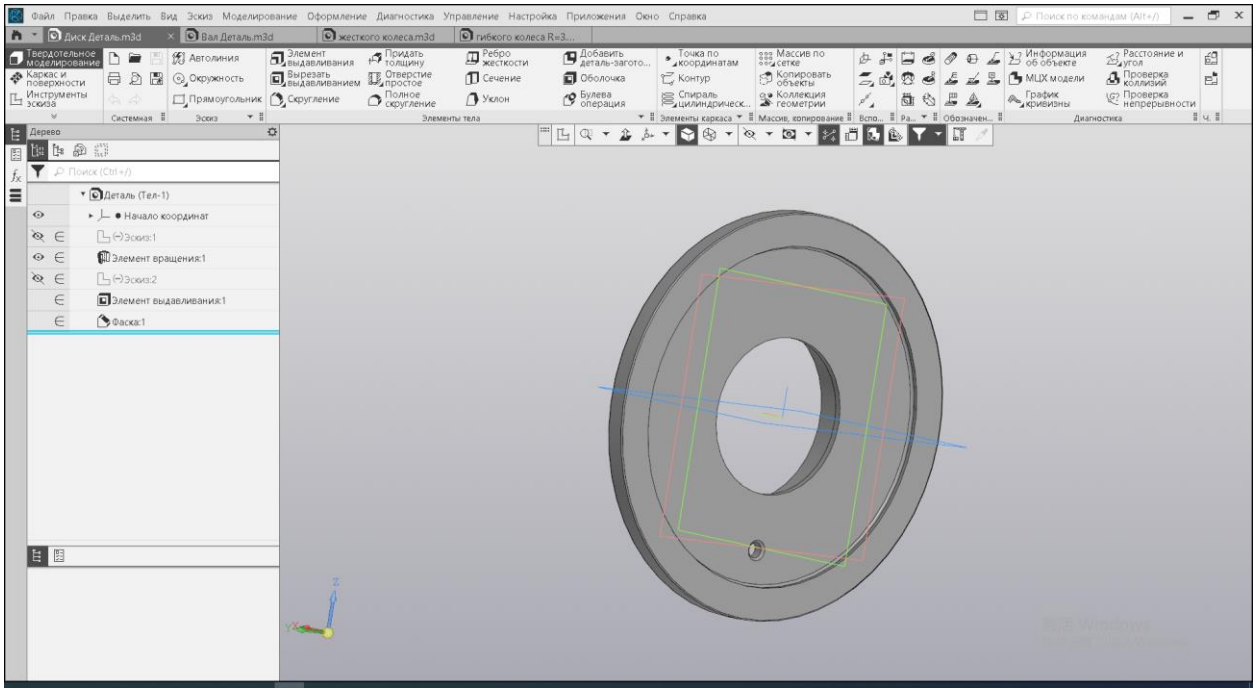

Рисунок 2.4. 3Д модели диск 1

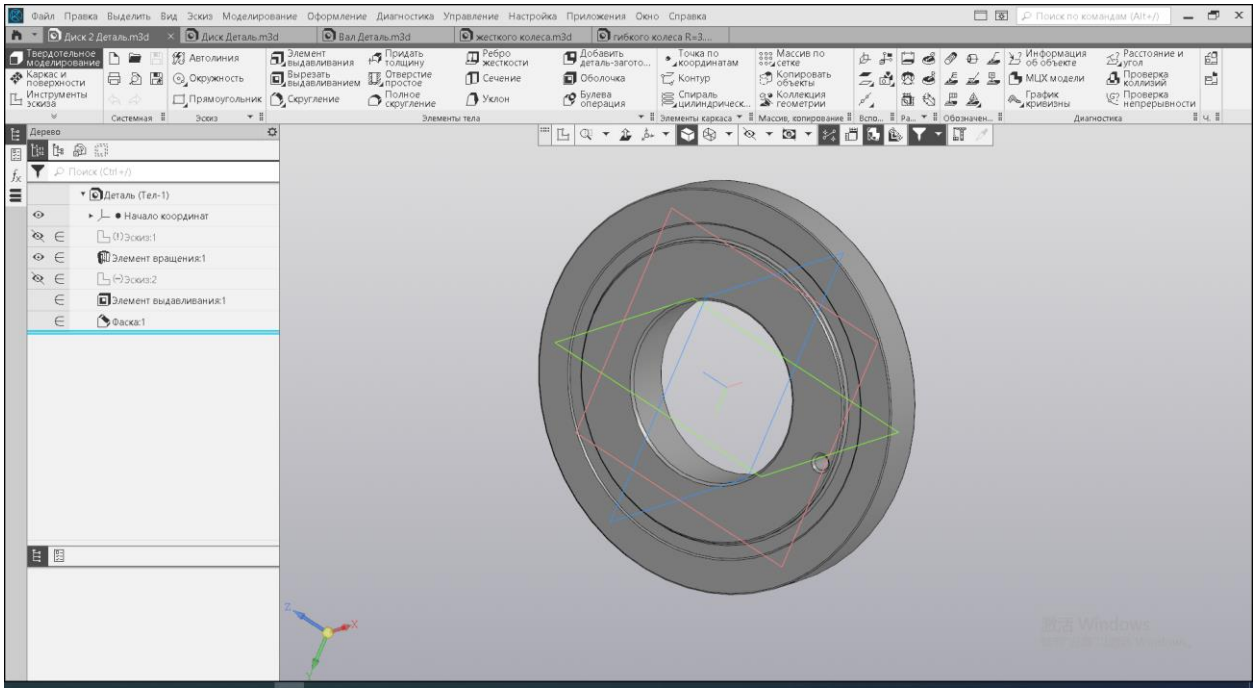

Рисунок 2.5. 3Д модели диск 2

Наконец, мы объединяем эти три части: гибкое колесо в это время будет деформироваться, а зубья деформированного гибкого колеса будут зацепляться с зубьями жесткого колеса, образуя волновую зубчатую систему передачи:

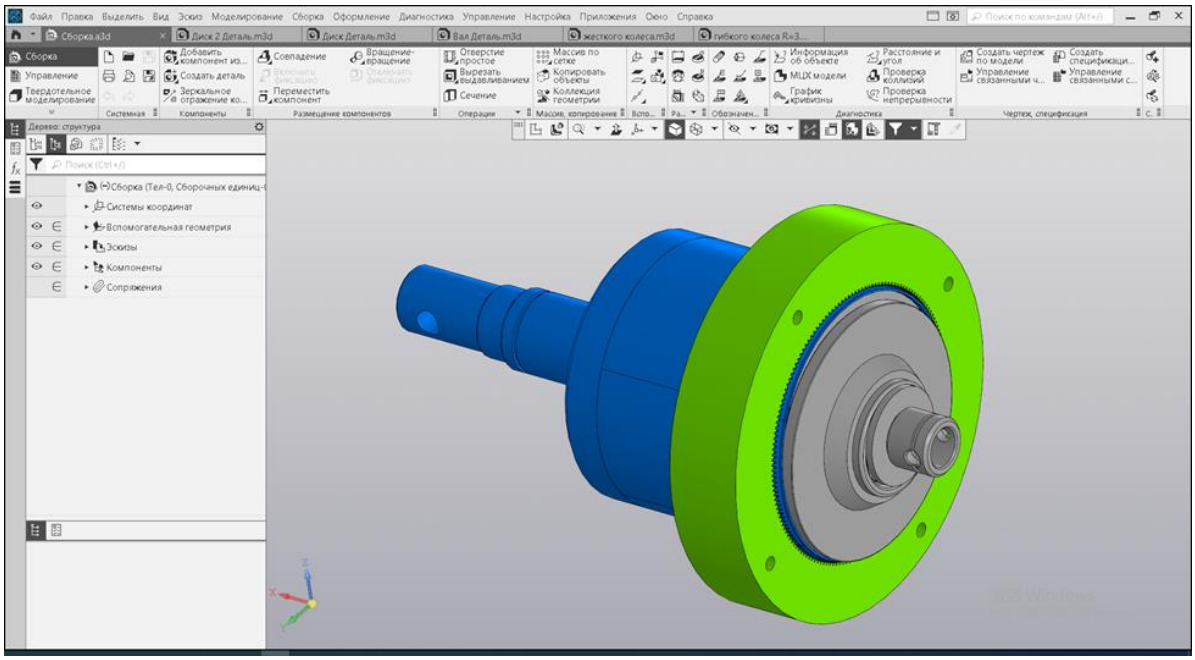

Рисунок 2.6. 3Д модели волновой зубчатой передачи

Выводы

Для расчета эквивалентных напряжений в системе ANSYS необходимо создать 3Д модель устройства. В САПР КОМПАС 3Д можно создать трёх мерную модель детали отвечающию всем необходимым требованиям.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ01	Сюй Цяньхао

Школа	ИШНПТ	**Отделение Школа**	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	**Направление/специальность**	15.04.01Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	*Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г.Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ*
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	*Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование*
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	*Отчисления во внебюджетные фонды 30 %*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	*Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ*
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	*Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования*
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	*Расчет бюджетной стоимости НИ*
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	*Интегральный финансовый показатель. Интегральный ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.*
Перечень графического материала	
1. Оценка конкурентоспособности ИР 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Ганта 4. Бюджет НИ 5. Основные показатели эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.03.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		14.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ01	Сюй Цяньхао		14.03.2022

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

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

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

Целью НИР является выбор и обоснование параметров волнового зубчатого редуктора для ручной машины электробур

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

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки :

1) Использование материалов обработки стали 30ХГСА.

2) Использование материал обработки сталь 38ХМЮА.

Детальный анализ необходим, т.к. каждый вариант 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 3.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	**Вес критерия**	**Баллы**			**Конкуренто-способность**		
		$Б_ф$	$Б_{к1}$	$Б_{к2}$	$К_ф$	$К_{к1}$	$К_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,1	5	5	3	0,3	0,51	0,6
2. Трещиностойкость	0,15	5	5	3	0,55	0,28	0,42
3. Надёжность	0,15	3	3	4	0,56	0,33	0,29
4. Производительность устройства	0,01	4	3	3	0,7	0,6	0,42
5. Простота изготовления	0,11	3	3	4	0,1	0,21	0,6
6. Эффективность работы	0,4	5	3	4	0,33	0,25	0,25
7. Безопасность	0,1	5	4	4	0,3	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,14	3	5	3	0,25	0,33	0,39
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	5	4	0,4	0,26	0,14
3. Финансирование научного исследования	0,05	4	4	3	0,11	0,39	0,32
Итого	**1**	**47**	**40**	**35**	**3,6**	**3,39**	**3,75**

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot Б_i \qquad (3.1)$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

$Б_i$ – балл *i*-го показателя.

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

3.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

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

Таблица 3.2 - Матрица SWOT

	Сильные стороны	**Слабые стороны**
	С1.Возможность при определенных входных параметрах, выбрать оптимальную модель редуктора с ВЗП или модель электродвигателя С2.Долгая служба механизма С3. Снижения затрат в эксплуатационный период С4. Простота эксплуатации	Сл1. Необходимость подключения к сети переменного тока, либо к генератору Сл2. Сложный процесс изготовления и сборки в сравнение с обычными зубчатыми редукторами Сл3 Большие затраты на этапе производства. Сл4. Продукт ранее не производился отечественными

		производителями
Возможности: В1 Использование гидроабразивной и электроэрозионной установки для получения профиля В2. В связи с последними политическими событиями наблюдается тенденция на импортозамещение в данной отрасли, при условии отсутствия отечественных конкурентов. В3. Возможность внедрения технологии в производство В4. Так как группа имеет знания и опыт в направлении редукторов с ПТК, то есть возможность улучшить свойства для других изделий.	С1В1 – возможность сокращения времени изготовления других механизмов, за счет использования технологии производства данного изделия С1В2 – вероятность расширения потенциальных потребителей С1В3 - упрощение внедрения технологии в производство за счет оптимальных значений сил в зацеплении С1В4 – возможность адаптации устройства к потенциальным потребителям в других сферах С2В2 – позволяют при наличии спроса быстро нарастить объемы производства. С3В2, С4В2 - качество изделия будет являться конкурентным преимуществом на российском рынке.	В1Сл1 – новейшее оборудование и компьютерное моделирование, позволит на ранних стадиях исследования, выявить и предотвратить появление брака В2Сл4 - может не быть быстрого продвижения на рынок так как ранее продукт не продавался, и потребители не знают о нем. В3Сл2Сл3 – может потребоваться значительное изменение технологического процесса изготовления деталей из-за их высокой стоимости при обработке В4Сл4 – появление дополнительного спроса в других сферах может быть мало из-за узкой специфики применения устройства
Угрозы: У1. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке, так как в данном направление ведется большое количество исследований. У2. Импотрное оборудование и инструменты отечественных производителей для массового производства У3. Допущенные ошибки на этапе расчётов или проектирования могут привести к полной неработоспособности конструкции. У4. Узкий круг возможных потребителей при наличии на рынке дешёвых, но менее эффективных аналогов.	У1С1С2С3С4-возможность за счет многофункциональности изделия создавать новые и более качественные универсальные изделия, а так же устойчивость к борьбе с конкурентами, за счет особенностей типа привода У2С2С3С4 – высокая точность изготовления деталей при минимальном расходе инструмента, а следовательно расходах на механическую обработку. У3С3 – исследование недостатков конструкции, поможет модернизировать уже производящиеся типы редукторов с ПТК У4С4 – возможность разработки новых типов приводов для определенных нужд конкретных сфер деятельности	У1Сл2Сл4 – вероятность появления более выгодных по цене, но менее эффективных продуктов от зарубежных производителей с традиционными типами редукторов У2Сл2. Проектируемый продукт может ещё не скоро выйти на рынок потребителей У3Сл1. В случае ошибки в расчётах, всю выполненную работу придётся начать с начала. У4Сл3. Низкий спрос продукции.

Для успешной реализации продукции, придётся уделить большое внимание этапу проектирования, во избежание возможных конструкторских ошибок. Так же для уменьшения брака на всех этапах реализации потребуется привлечение новейшего оборудования. На данном этапе старт продукции на рынке сложно предугадать. Велика вероятность слабого старта продукции на потребительском рынке из-за низкого спроса. Однако при наличии хорошего спроса можно быстро нарастить объёмы продукции. Ещё не до конца известно, на сколько дороже или дешевле обойдётся данный продукт в сравнении с уже имеющимися аналогами на этапе производства и эксплуатации. Возможно продукция будет долго захватывать рынок потребителей, однако с большой вероятностью можно заявить, что рано или поздно данный механизм завоюет целевой рынок.

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта

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

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта

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

Таблица 3.5 - Интерактивная матрица проекта

Угрозы		C1	C2	C3	C4
	B1	-	+	-	+
	B2	-	+	-	-
	B3	+	-	-	-
	B4	-	-	+	-

Таблица 3.6 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы		С1	С2	С3	С4
	В1	0	0	0	0
	В2	0	0	0	0
	В3	-	-	+	-
	В4	-	-	-	+

На основе результатов анализа матрицы можно сделать вывод, что трудности и проблемы, с которыми может столкнуться данный проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон исследования.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- 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, приведен в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач	1	Постановка цели и задач, Необходимо которые выполнить для достижения	Научный руководитель
Разработка технического задания	2	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направлен ия исследований	3	Проведение литературного обзора	Магистрант
Теоретические экспериментальные исследования	4	Составление принципиальной схемы	Магистрант
Разработка технологической документации	5	Инженерные расчеты математической модели	Магистрант
Оформление отчета	6	Исследование 3D модели устройства	Магистрант
Разработка технологической	7	Исследование недостатков 3D модели в программной среде	Магистрант
документации	8	Рекомендации по серийному производству и использованию смазочных материалов	Магистрант
Оформление отчета	9	Оформление пояснительной записки результатам исследования	Магистрант

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

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

$$t_{\text{ожi}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \qquad (3.2)$$

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

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

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

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i-ой работы в рабочих днях Тpi, при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{\text{р}_i} = \frac{t_{\text{ожi}}}{\text{Ч}_i} \qquad (3.3)$$

где $T_{\text{р}i}$ – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость 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 (3.4):

$$T_{\text{к}i.инж} = T_{\text{р}i} \cdot k_{кал} \qquad (3.4)$$

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

$T_{\text{р}i}$ – продолжительность выполнения i-й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365-89-29} = 1{,}48 \qquad (3.5)$$

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.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	**Трудоёмкость работ**						**Длительность работ в рабочих днях**	**Длительность работ в календарных днях**
	t_{min}, чел-дни		t_{max}, чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни			
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	**Трi**	**Tki**
1. Составление и утверждение ТЗ	1							
2. Изучение материала по теме	1	-	2	-	1,4	-	1,4	2
3. Проведение литературного обзора	-	2	2	3	1,4	2,4	2,4	3
4. Составление принципиальной схемы	-	40	-	50	-	44	44	65
5. Выполнение инженерных расчетов	-	50	-	60	-	54	54	80
6. Исследование 3D модели устройства	30	10	-	15	-	12	12	18
7. Исследование недостатков 3D модели в программной среде	-	50	40	60	34	54	54	63
8. Рекомендации по серийному производству и использованию смазочных	-	5	-	8	-	6,2	6,2	9

материалов								
9. Заполнение пояснительной записки	5	8	-	12	-	9,6	9,6	14
Итого:	37	8	6	10	5,4	8,8	8,8	10

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 –инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	$T_{кi}$, 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	Исп1	2												
2	Изучение материалов по теме	Исп1 Исп2	3												
3	Проведение патентного обзора	Исп2	65												
4	Составление принципиальной схемы	Исп2	80												
5	Выполнение расчетов	Исп2	18												
6	Построение 3D модели устройства	Исп1 Исп2	63												
7	Создание математической модели согласно ТЗ	Исп2	9												
8	Исследование математической модели в программной среде	Исп2	14												
9	Заполнение пояснительной записки	Исп1	10												

Примечание:

– Исп. 1 (научный руководитель), – Исп. 2 (Магистрант)

3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе

использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

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

3.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при исследовании. Результаты расчета затрат представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 –Расходные материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	369	5	450
Картридж для лазерного принтера	3499	1	3499
Бумага для принтера формата А4	359 руб/уп	1	359
Итого:	5703		

3.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось раннее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n} \qquad (3.6)$$

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A И}{12} \cdot m \qquad (3.7)$$

где $И$ – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 3.12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Персональный компьютер (ноутбук)	1	4	50	50
Итого		50 тыс. руб.			

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 4 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{4} = 0{,}25$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$\text{А} = \frac{H_A N}{12} \times m = \frac{0{,}25 \times 50000}{12} \times 4 = 4167\text{руб}$$

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \qquad (3.8)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (по таблице 4.9 для инженера: T_{p2} =191 дней, для руководителя:T_{p1}=42,2 дней).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д} \qquad (3.9)$$

Где

$З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – М=8,1 месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней –М=8,1 месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$З_{м1} = З_{мс1} \cdot (1 + К_{пр} + К_д)К_р = 25000 \cdot (1 + 0{,}3 + 0{,}2) \cdot 1{,}3 = 48750 \text{ руб} \qquad (3.10)$$

– для магистрант:

$$З_{м2} = З_{мс2} \cdot (1 + К_{пр} + К_д)К_р = 6500 \cdot (1 + 0{,}3 + 0{,}2) \cdot 1{,}3 = 12675 \text{ руб}, \qquad (3.11)$$

где

$З_{тс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

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

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_р$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Среднедневная заработная плата у руководителя рассчитывается по формуле 3-15:

$$З_{дн1} = \frac{З_м \cdot М}{F_д} = \frac{48750 \cdot 8,1}{247} = 1598,68 \text{ руб}$$

$$З_{дн2} = \frac{З_м \cdot М}{F_д} = \frac{12675 \cdot 8,1}{247} = 415,65 \text{ руб}$$

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле 3-14:

$$З_{осн1} = З_{дн1} \cdot Тр1 = 1598,68 \cdot 42,2 = 67464,29 \text{ руб}$$

Основная заработная плата магистранта рассчитывается по формуле 3-14:

$$З_{осн2} = З_{дн2} \cdot Тр2 = 415,65 \cdot 191 = 79389,15 \text{ руб}$$

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{тс}$, *руб*	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$З_м$, *руб*	$З_{дн}$, *руб*	$T_р$, *раб.дн.*	$З_{осн}$, *руб*
Научный руководитель	25000	0,3	0,2	1,3	48750	1598,7	42	67464,29
Магистрант	6500	0,3	0,2	1,3	12675	415,6	191	79389,15
Итого:								146853,44

3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

$$З_{доп} = k_{доп} \times З_{осн} \qquad (3.12)$$

Где:

$З_{доп}$– дополнительная заработная плата;

$З_{осн}$ – основная заработная плата;

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

По формуле 3-12 определяется дополнительная заработная плата для руководителя:

$$З_{доп1} = k_{доп} \times З_{осн} = 0{,}15 \times 67464{,}29 = 10119{,}64 руб$$

По формуле 3-12 определяется дополнительная заработная плата длямагистранта:

$$З_{доп2} = k_{доп} \times З_{осн} = 0{,}15 \times 79389{,}15 = 11908{,}37 руб$$

Таким образом, общая дополнительная заработная плата составляется:

$$З_{доп\ общ} = З_{доп1} + З_{доп2} = 10119{,}64 + 11908{,}37 = 22028{,}01 руб$$

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле 3-13:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \times (З_{осн} + З_{доп}) \qquad (3.13)$$

Где: $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году –30% (ст. 425 НК РФ).

Отчисления во внебюджетные фонды для руководителя определяются по формуле 3-13:

$$З_{внеб1} = k_{внеб} \times (З_{осн1} + З_{доп1}) = 0{,}3 \times (67464{,}29 + 10119{,}64) = 23275{,}3 руб$$

Отчисления во внебюджетные фонды для магистранта определяются по формуле 3-13:

$З_{внеб2} = k_{внеб} \times (З_{осн2} + З_{доп2}) = 0,3 \times (79389,15 + 11908,37) = 27389,3$ руб

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

$З_{внеб\ общ} = З_{внеб1} + З_{внеб2} = 23275,3 + 27389,3 = 50664,6$ руб

3.3.6 Накладные расходы

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

Величина накладных расходов определяется по формуле 3-18:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей} 1 \div 5) \cdot k_{пр}, \quad (3.14)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

3.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Группировка затрат по статьям представляется в таблице 3.15:

Таблица 3.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
5703	4167	146853,44	22028,01	50664,6	229416,05	36706,6	266122,6

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Исследование прочности сменных многогранных пластин при обработке титанового сплава» по форме, приведенной в таблице 3.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 3.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты НИР	4167	6637,56	4697
2	Затраты на специальное оборудование	5703	9066	28626
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	146853,44	891582,82	296333,26
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22028,01	195737,42	45623,54
5	Отчисления во внебюджетные фонды	50664,6	341474,84	96591,08
6	Накладные расходы	36706,6	231119,78	75499,34
Бюджет затрат НИР		266122,6	1678618,42	547370,22

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносится финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

1) Моделирование напряженно-деформированного состояния толстостенных втулок после обработки дорнованием;

2) Влияние размеров фасок на наплывы металла на торцах цилиндров, обрабатываемых дорнованием;

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{исп.i} = \frac{\Phi_{\text{p}i}}{\Phi_{\max}}, \qquad (3.15)$$

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

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

$\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения.

Фтекущ.проект = 266122,6 руб, Фисп.1 = 1678618,42 руб, Фисп.2 = 547370,22 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тех.пр}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр}}}{\Phi_{\text{мах}}} = \frac{266122{,}6}{1678618{,}42} = 0{,}159$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{мах}}} = \frac{547370{,}22}{1678618{,}42} = 0{,}326$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{мах}}} = \frac{1678618{,}42}{1678618{,}42} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 с меньшем перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

3.4.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов

Выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 3.17).

Таблица 3.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,3	5	5	4
2. Стабильность работы	0,15	4	5	3
3. Технические характеристики	0,2	5	4	4
4. Механические свойства	0,2	5	4	5
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	4,85	4,45	4,05

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

$$I_{\text{р}}^{\text{текущ.проект}} = 0{,}3 \times 5 + 0{,}15 \times 4 + 0{,}2 \times 5 + 0{,}2 \times 5 + 0{,}15 \times 5 = 4{,}85$$

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

$$I_{\text{р}}^{\text{исп.1}} = 0{,}3 \times 5 + 0{,}15 \times 5 + 0{,}2 \times 4 + 0{,}2 \times 4 + 0{,}15 \times 4 = 4{,}45$$

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

$$I_{\text{р}}^{\text{исп.2}} = 0{,}3 \times 4 + 0{,}15 \times 3 + 0{,}2 \times 4 + 0{,}2 \times 5 + 0{,}15 \times 4 = 4{,}05$$

В результате расчетов интегральных показателей ресурсоэффективности по трем вариантам разработки текущий проект с большем 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 :

$$I_{\text{эф}.i} = \frac{I_p^{\text{исп}.i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп}.i}}. \qquad (3.16)$$

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 4.15 определяется интегральный показатель эффективности для текущего проекта:

$$I_{\text{эф}.i} = \frac{I_p^{\text{текущ,проект}}}{I_{\text{финр}}^{\text{текущ,проект}}} = \frac{4{,}85}{0{,}159} = 30{,}5.$$

По формуле 4.15 определяется интегральный показатель эффективности для первого конкурентного проекта:

$$I_{\text{эф}.i} = \frac{I_p^{\text{исп}.1}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп}.1}} = \frac{4{,}45}{1} = 4{,}45$$

По формуле 4.15 определяется интегральный показатель

эффективности для второго конкурентного проекта:

$$I_{\text{эф.}i} = \frac{I_p^{\text{исп.2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{4{,}05}{0{,}326} = 12{,}42.$$

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 3.18).

Таблица 3.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,159	0,326	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4,05	4,45
3	Интегральный показатель эффективности	30,5	12,42	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,74	0,26

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы

Результат анализа конкурентных технических решений заключается в том, что текущий проект является самым конкурентоспособным вариантом по сравнению с аналогами.

Впроцессе планирования для руководителя и инженера построен график реализации данного этапа работ, который способствует оценке и планированию рабочих времени исполнителей. Общие количества дней для выполнения работ составляет 233 дней. Общие количества дней, в течение которых работал инженер, составляет 191 дней. Общие количества дней, в течение которых работал руководитель, составляет 42 дней.

Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, значение которого составляет 266122,6 рублей. (требуемый затраты текущего проекта значительно меньше других конкурентных вариантов).

Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,159.Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,85, по сравнению с 4,45 и 4,05.Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 30,5.

Приведенные данные могут свидетельствовать о рациональности и оптимальной селективности конструкции с точки зрения эконо

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО		
4АМ01	Сюй Цяньхао		
Школа	**Инженерная школа новых производственных технологий**	**Отделение (НОЦ)**	**Материаловедение**
Уровень образования	магистратура	**Направление/ специальность**	**15.04.01 Машиностроение**

Тема ВКР:

Выбор и обоснование параметров волнового зубчатого редуктора для ручной машины электробур	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	*Объект исследования:* гибкого колеса волновой зубчатой передачи.. *Область применения:* машиностроение. *Рабочая зона:* офис *Размеры помещения:* 6х5м *Количество и наименование оборудования рабочей зоны:* 15 персональных компьютеров, климатическая установка и медиа-проектор. *Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:* спроектировать 3D-модель волнового редуктора, нарисовать чертеж и выполнить расчет напряжений в системе CAE.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности <u>при разработке проектного решения:</u> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) 2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность<u>при разработке проектного решения</u>: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных	**Возможные вредные и опасные факторы:** 1. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами; 2. Повышенный уровень шума;

факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 5. Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса **Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов**: Обратите внимание на безопасное использование электричества и пожарную безопасность. Обратите внимание на внутреннюю вентиляцию. Приобретите огнетушитель и установите пожарную сигнализацию в помещении. Разработайте учебное пособие по безопасному электричеству. Разумно организуйте рабочее время и планировку студии, отрегулируйте сидячее положение персонала. **Расчет**: расчет системы искусственного
3. Экологическая безопасность<u>при разработке проектного решения</u>	**Разделить на влияние на гидросферу, атмосферу, литосферу** **Утилизация картриджей** (Отработанные картриджи, израсходованные при печати чертежей, следует утилизировать надлежащим образом); **Утилизация люминесцентных ламп**(что делать в случае поломки или износа осветительного оборудования); **Утилизация макулатуры**(экономьте бумагу, чтобы защитить окружающую среду).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при разработке проектного решения</u>	**Возможные ЧС**: Природные катастрофы (сильные морозы зимой.); **Наиболее типичная ЧС**: Пожар
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.03.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		14.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ01	Сюй Цяньхао		14.03.2022

4 Социальная ответственность

Введение

Работа представляет собой сбор информации, её обработка, проведение расчётов. А также составление рекомендаций, на основе полученных данных. Выполняется в закрытом помещении (кабинет, аудитория) на персональном компьютере, с помощью которого обрабатывается вся информация. Цель работы: Исследование остро-деформированного состояния гибкого колеса волновой зубчатой передачи..

Рабочее место располагается в аудитории 203 корпуса 16А НИ ТПУ, на 2 этаже, помещение представляет собой комнату размером 6х5м, высотой 3,5м, 2 окна выходящих на восток. В помещении находятся 15 персональных компьютеров, климатическая установка и медиа-проектор.

Следует отметить, что меры по охране труда при работе с персональным компьютером должны носить комплексный характер и включать в себя полный спектр работ, направленных на ликвидацию источников вреда.

В данном разделе дипломного проекта рассматриваются следующие вопросы:

- организация рабочего места пользователя ПЭВМ;
- определение оптимальных условий труда пользователя ПЭВМ.

Рабочее место оборудовано персональным компьютером и жидкокристаллическим монитором.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Трудовой кодекс 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.

1. Статья 91 ТК РФ «Понятие рабочего времени. Нормальная продолжительность рабочего времени» Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

2. ТК РФ Статья 111«Выходные дни»Всем работникам предоставляются выходные дни (еженедельный непрерывный отдых). При пятидневной рабочей неделе работникам предоставляются два выходных дня в неделю, при шестидневной рабочей неделе - один выходной день.Общим выходным днем является воскресенье. Второй выходной день при пятидневной рабочей неделе устанавливается коллективным договором или правилами внутреннего трудового распорядка. Оба выходных дня предоставляются, как правило, подряд.

4.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего места. Рабочее место должно соответствовать ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ.

Рабочее место при выполнении. Общие эргономические требования.

Общие положения состоит из следующих элементов:

1) Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса. Категории работ - по ГОСТ 12.1.005-88.

2) Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, 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.

4) Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

5) Выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля

6) При проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают женщины и мужчины - общие средние показатели женщин и мужчин.

7) Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием.Конструкция регулируемого кресла оператора должна соответствовать требованиям ГОСТ 21889-76.

4.2 Производственная безопасность

Таблица 2.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте название рабочего места

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	**Нормативные документы**
1. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами;	ГОСТ 12.1.005-88. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях
2. Повышенный уровень шума;	Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002.
3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;	Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;	ПУЭ 1.7.101. Электрические цепи, образующие искры, дуги или нагревательные части под напряжением. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.
5. Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса.	Для повышения комфорта в процессе работы за ПЭВМ, следует соблюдать нормы и требования, изложенные в СанПиН 2.2.2/2.4.1340- 03.

4.2.1 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами

Микроклимат в производственных условиях определяется

следующими параметрами:

1) температура воздуха;

2) относительная влажность воздуха;

3) скорость движения воздуха.

Привысокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается.

Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ($\varphi>85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность 56 ($\varphi<20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 14 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В

теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Средняя	19-24	15-75	≤0,1
Теплый	Средняя	20-28	15-75	≤0,2

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротруб опроводов.

Аудитория 203 корпуса 16А оборудована климатической установкой, приточной и вытяжной вентиляцией, а также возможно естественное проветривание.

4.2.2 Повышенный уровень шума

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности

и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации, не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточновытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Предельно допустимый уровень шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 65 дБА(в залах обработки информации на вычислительных машинах). В нашем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБА.

4.2.3 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Помещения имеют как естественное, так и искусственное освещение. Согласно в помещении, производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения составляет не ниже 150 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

В аудитории 203 корпуса 16А находится 2 окна размерами 1460х1170мм, обеспечивающими естественное освещение днем, так же в аудитории расположены 6 потолочных светильников.

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

Электробезопасность представляет собой систему рганизационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

В нашем случае, рабочий кабинет не имеет токопроводящий пол и т.п. опасные среды повышенной опасности. Поэтому помещения относится к классу Мало опасные помещения поражения электрическим током.

При подключении локального заземления к нейтрали

трансформатора генератора в системе TN суммарное сопротивление заземления (локального + всех повторных + заземления трансформатора / генератора) должно быть не более 4 Ом (ПУЭ 1.7.101). Напряжение составляет менее 36 В. Сила тока - менее 0,1 ампера.

Как следствие, существует вероятность поражения электрическим током рабочего. Проходя через человека электрический ток воздействует на организм следующим образом:

1) Биологическое воздействие.

2) Электролитическое воздействие.

3)Термическое воздействие.

В соответствии с электрическими опасностями помещения . Электрические цепи, образующие искры, дуги или нагревательные части под напряжением. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов,для машины и механизмы.

- Без необходимости часто не включать и выключать компьютер.
- Не прикасаться к экрану и к тыльной стороне блоков компьютера.
- Не работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании мокрыми руками.
- Не работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании, имеющих нарушения целостности корпуса, нарушения изоляции проводов.
- При неисправной индикации включения питания, с признаками электрического напряжения на корпусе, класть на средства вычислительной

техники и периферийное оборудование посторонние предметы.

• Запрещается под напряжением очищать от пыли и загрязнения электрооборудование.

• Запрещается проверять работоспособность электрооборудования в неприспособленных для эксплуатации помещениях с токопроводящими полами, сырых, не позволяющих заземлить доступные металлические части.

• При обнаружении неисправности немедленно обесточить электрооборудование. Продолжение работы возможно только после устранения неисправности.

• При обнаружении оборвавшегося провода необходимо немедленно принять меры по исключению контакта с ним людей. Прикосновение к проводу опасно для жизни.

• Во всех случаях поражения человека электрическим током немедленно вызывают врача.

• До прибытия врача нужно, не теряя времени, приступить к оказанию первой помощи пострадавшему.

• После окончания работы необходимо обесточить все средства вычислительной техники и периферийное оборудование.

• В случае непрерывного производственного процесса необходимо оставить включенными только необходимое оборудование.

4.2.5. Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса

Поскольку большая часть рабочего времени приходится на сидячее

положение, корректировка макета для улучшения рабочей позы может эффективно снизить стресс. Необходимо для комфортной и удобной рабочей среды

Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы человека – оператора.

В процессе работы, все используемые предметы находятся в зоне досягаемости. Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости приведено на рисунке 4.3.

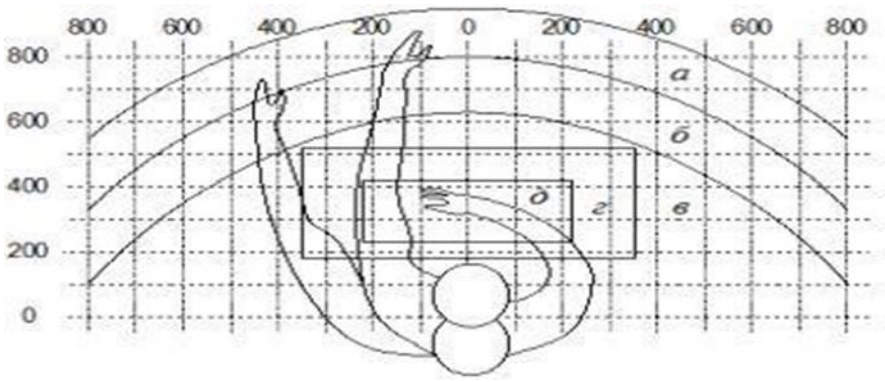

Рисунок 4.1. Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости

На рисунке введены следующие обозначения: а - зона максимальной досягаемости; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Монитор размещен в зоне а (в центре), системный блок размещен в предусмотренной нише стола, клавиатура – в зоне г/д, «мышь» – в зоне в (справа); документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – в, а в выдвижных ящиках стола – литература, неиспользуемая

постоянно.

Для повышения комфорта в процессе работы за ПЭВМ, следует соблюдать нормы и требования.

4.3 Расчет уровня производственного фактора

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения А = 6 м, ширина В = 5 м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом hр = 1,0 м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 200 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения аудитории 203 корпуса 16А:

$$S = A \times B, \qquad (4.1)$$

где А – длина, м; В – ширина, м. $S = 6 \times 5 = 30$ м^2

Площадь помещения аудитории 203 корпуса 16А составляет 30м^2.

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор С=50%, свежепобеленного потолка потолка П=70%. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен КЗ =1,5. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп Z= 1,1.

Выбираем лампу белой цветности ЛБ-40, световой поток которой равен ФЛД = 2800 Лм. Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа

ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем =1,1, расстояние светильников от перекрытия (свес) hc = 0,4 м. Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле: h =hn – hp, где hn – высота светильника над полом, высота подвеса, hp – высота рабочей поверхности над полом.

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

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - hp - hc = 3{,}5 - 1 - 0.6 = 1.9\text{м} \qquad (4.2)$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1.1 \cdot 1.9 = 2.09\text{м} \qquad (4.3)$$

Число рядов светильников в помещении: Na = A/L= 5/2.09 = 2.39 ≈ 2 Общее число светильников: N = Na · Nb = 2·3 = 6 Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = L/3 = 2.09/3 = 0.7 \text{ м} \qquad (4.4)$$

Светильники размещены в два ряда. На рисунке 4.1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

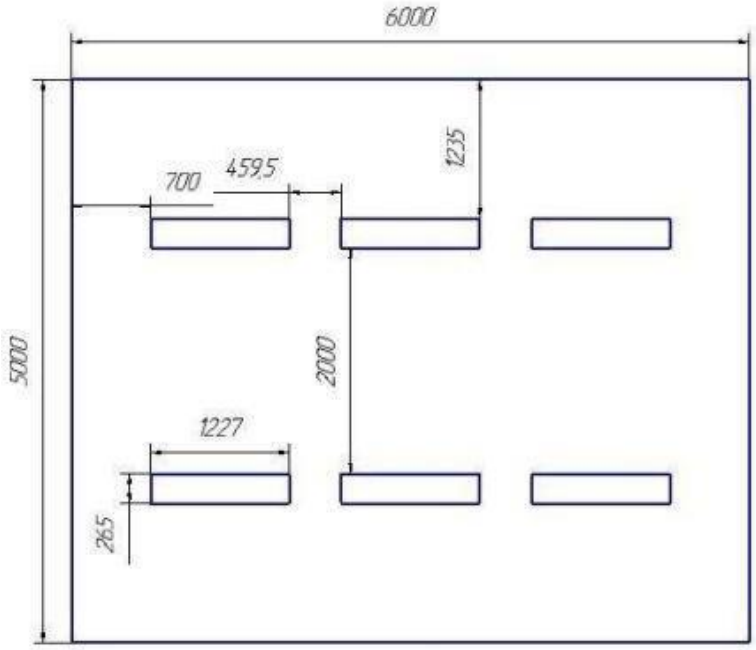

Рисунок 4.2. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Индекс помещения определяется поформуле:

$$i = A \cdot B/h \cdot (A+B) = 6 \cdot 5/1.9 \cdot (6 + 5) = 30/20.9 = 1.4 \quad (4.5)$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при ρП = 70%, ρС = 50% и индексе помещения i = 1,4 равен η = 0,47.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$Фп = (E_Н \cdot S \cdot K_З \cdot Z)/(N_Л \cdot \eta) = 300 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 1.5 \cdot 1.1/12 \cdot 0.47 = 2632.98 \text{ лм} \quad (4.6)$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq ФЛД - ФП/ФЛД \cdot 100\% \leq 20\%$$

$$(ФЛД - ФП)/ФЛД \cdot 100\% = (2800 - 2632.98)/2800 \cdot 100\% = 5.97\% \quad (4.7)$$

Таким образом: $-10\% \leq 5.97\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Фактическоерасположение светильников в аудитории 203 соответствует расчетному плану.

4.4 Экологическая безопасность

Утилизация картриджей

Сам картридж относится к III и IV классам опасности и является опасным веществом.

Различными большимикомпаниями-производителями предлагается утилизация картриджей бесплатно. Оптовым покупателям предоставляется специальная тара для хранения отработанных изделий. При ее полном заполнении производится сбор и дальнейшая утилизация.

Отработанное оборудование также может сдаваться в специализированные сервисные центры, где выдается, при необходимости, соответствующая документация об утилизации.

Утилизация люминесцентных ламп

Люминисцетные лампы содержат ртуть-вещество 1 класса оппасности.

Перегоревшие люминесцентные лампы можно отнести в свой районный ДЕЗ или РЭУ, где установлены специальные контейнеры. Там их должны бесплатно принять. Основанием для того, чтобы в ДЕЗе приняли у вас лампы,

является постановлением Правительства РФ «Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп» от 3 сентября 2010 г. N 681.

Утилизация макулатуры

Сегодня бумага составляет примерно 40 % от общего числа твердых отходов. Однако попадая в один контейнер вместе с прочимутилем, она неизбежно становится мусором, не пригодным для вторичного использования. Не перемешивать бумагу с остальным мусором. Собирать в отдельный урну или контейнер, и сдать в пункт переработки макулатуры.

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

ПроизводствоПо взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории Ан, Бн, Вн, Гн и Дн. Согласно НПБ 105-03 компьютерная аудитория 203 корпуса 16А относится к категории В3 – пожароопасное.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: - халатное неосторожное обращение с огнем - оставленные без присмотра нагревательные

приборы, использование открытого огня (в аудитории 203 корпуса 16А установлена климатическая установка с автоматической регулировкой температурного режима);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Все оборудование, находящееся в аудитории 203 корпуса 16А заземлено.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

а) использование только исправного оборудования;

б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;

в) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;

г) курение в строго отведенном месте;

д) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под

напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Здание должно соответствовать требования пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рис.4.3).

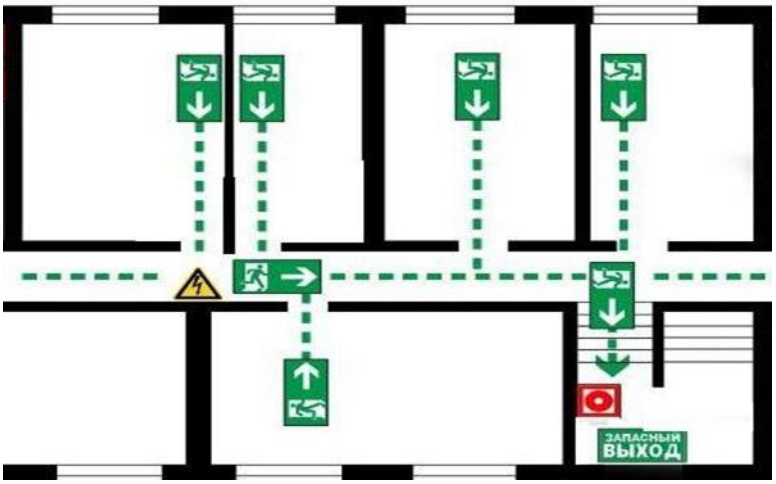

Рисунок 4.3. Пути эвакуации компьютерные классы 2 этаж, корпус 16А

Вывод

Категория помещения по электробезопасности, согласная ПУЭ, является помещением без повышенной опасности, все электроустановки используются по требование к ПУЭ.

По электробезопасности согласно правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, Работники обязаны проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ в электроустановках, и имеют защитные инструменты. Группа по электробезопасности III.Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н (ред. от 15.11.2018) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" (Зарегистрировано в Минюсте России 12.12.2013 N 30593)

Для удобства в процессе работы за ПЭВМ следует соблюдать нормы и требования, из3ложенные в Са4.ПиН2 2.2.2.

Обеспечить комфортные условия труда для работников на рабочем месте.Согласно СНиП 23-05-95 определяют, что освещение в помещении относится к соответствующим условиям освещения. Обеспечивает необходимые условия освещения для работающих, не вызывая светового загрязнения.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 рабочее место определяется не причиняющим неудобства проживающим.

Установлено, что отработанные чернильные картриджи и лампочки будут сильно загрязнять окружающую среду в процессе работы, и должны быть приняты соответствующие меры по очистке.

Заключение

В результате проделанной работы выполнен CAE-систему для расчета рабочей нагрузки в зацепленном состоянии гибкого колеса. Демонстрирует практическую применимость системы ANSYS для выполнения силовых расчетов сложных элементов и сборок. Современные системы позволяют идентифицировать сложные детали в 3D-модели, за счет визуальной демонстрации возникающих напряжений и возможности определения напряжения в любой необходимой точке, что в конечном итоге демонстрируется при исследовании рабочей нагрузки 40 зубьев на гибком колесе под действием крутящего момента. условия: Если состояние нагрузки гибкого колеса превышает стандартное, гибкое колесо будет повреждено в рабочем состоянии.

В работе по аналогии рассчитаны эксплуатационные и экономические преимущества использования материала стали 30ХГСА. При этом была проведена оценка безопасности процесса разработки волновой зубчатой передачи.

Описанный в статье метод исследования и расчета рабочей нагрузки гибкого колеса можно легко воспроизвести и использовать для расчета данных разработки волновой зубчатой передачи, чтобы его можно было разработать или использовать в различных областях.

Список литературы

1. Волков Д.П. Волновые зубчатые передачи / Д.П.Волков, А.Ф. Крайнев, М.В. Маргулис.- К.: Техника, 1976.-222с.

2. Иванов, М.Н. Волновые зубчатые передачи /М.Н. Иванов. — Москва: Высшая школа, 1981. — 184с.

3. Гинзбург Е.Г. Волновые зубчатые передачи. - Л.: Машиностроение, 1969. - 159 с., ил.

4. Янгулов, В.С. Детали машин. Волновые и винтовые механизмы и передачи : учебное пособие для магистратуры /В.С. Янгулов. — Москва: Юрайт, 2019. — 183с.

5. Волновые зубчатые передачи. Роботы-манипуляторы. Конспект лекций. - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1980. - 58 с., ил.

6. ANSYS Meshing User’s Guide, ANSYS, Inc., 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317, November 2013.

7. Коротков В.С. Создание ручной машины с волновой передачей и исследование ее работоспособности. Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 5. – С.126-130.

8. Стариков М. А. Исследование коэффициента полезного действия привода ручной машины электробур : магистерская диссертация / М. А. Стариков ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа новых производственных технологий (ИШНПТ), Отделение материаловедения (ОМ) ; науч. рук. В. С. Коротков. — Томск, 2019.

9. Потапов, В.Д. Сопротивление материалов /19. Александров А. В., В.Д.

Потапов, Б.П. Державин. — Москва: Высшая школа, 1995. — 374с.

10. Дарков, А.В. Сопротивление материалов /А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. — Москва: Высшая школа, 1989. — 475с.

Нормативные ссылки

1. ГОСТ 23108-94. Редукторы волновые зубчатые одноступенчатые. Основные параметры;

2. ГОСТ 12.0.001-82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Основные положения;

3. ГОСТ. Сталь качественная и высококачественная. Сортовой и фасонный прокат. Калиброванная сталь. Сборник гостов. Часть 1.. - М.: Стандартов, 1990. - 408 с.

4. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;

5. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;

6. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

7. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;

8. ГОСТ 12.1.029-80. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация;

9. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов;

10. ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин

горячих поверхностей;

11. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение; 12.СП 51.13330.2011. Защита от шума;

13. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение;

14. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы;

15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;

16. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки;

17. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;

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

Приложение - Раздел на иностранном языке

(справочное)

Study of Contact Stress Distribution and Stress-Strain State of Cutting Tool in Titanium Alloy Machining

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ01	Сюй Цяньхао		

Консультант отделения материаловедения ИШНПТ:

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

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сыскина А.А..	к.ф.н.		

1 Literature review on the research topic

Reducers are widely used in various sectors of the economy, they are used in low-power drives of devices and in powerful drives of construction equipment, as well as in mechanisms and devices of various purposes. The advantages and disadvantages of gears are described and analyzed in many works. However, developments in this direction are still ongoing in the field of providing improved transmission parameters.

One of the relatively new mechanical transmissions is a wave gear, based on the principle of wave deformation of one of the links of a thin-walled gear. Wave transmission is a kind of gear mechanical transmission. It is noteworthy that many teeth can be simultaneously engaged in it, which ensures high rigidity and low backlash. Wave transmissions are based on the principle of transferring rotational motion due to the traveling wave deformation of one of the gear wheels.

Wave transmission, mechanical transmission (gear, friction, screw), in which rotation is transmitted and converted by cyclic excitation of deformation waves in the so-called flexible element (hence the name "wave").

Such a transmission was patented by the American engineer Musser in 1959.

Wave transmissions have smaller mass and dimensions, greater kinematic accuracy, less backlash, high vibration strength due to damping (energy dissipation) of oscillations, and create less noise.

If necessary, such transmissions make it possible to transfer motion to a sealed space without the use of sealing glands, which is especially valuable for aviation, space and underwater technology, as well as for chemical industry machines.

Gears are widely used in various branches of technology, ranging from low-power drives (from fractions of a W) to powerful drives (hundreds of kW and more) in mechanisms and devices of various purposes. The advantages and disadvantages of gears are described and analyzed in many works. Nevertheless, interest in the search and research of mechanical transmissions, which can provide improved drive parameters, does not fade away.

Currently, there is a wide variety of designs of manual machines (PM) designed for the mechanization of various types of work. These are such RM as drills, perforators, saws, planers, mixers, manual grinders, etc.

It should be noted that there are Russian developments of special equipment for drilling holes in engineering surveys, but these machines are heavy and it is not advisable to use them for small amounts of work. Therefore, it is necessary to create a domestic RM - an electric drill that is not inferior in technical characteristics to foreign analogues.

Currently, CAE systems are used to calculate stresses in nodes and complex nodes, and the performance of both individual elements and entire structures can be calculated and analyzed at the design stage. Often these modules are integrated directly into a CAD system such as Compass 3D, SolidWorks or vice versa and have a CAD module such as ANSYS in their system.

ANSYS is a general-purpose finite element analysis software system that has existed and evolved over the past 30 years and is very popular among specialists in the field of computer-aided engineering calculations (CAD or CAE), linear and non-linear, stationary finite element solutions and the space of non-stationary

mechanics. problems of a deformable solid body and structural mechanics (including non-stationary geometric and physically nonlinear problems of contact interaction of structural elements), problems of fluid and gas mechanics, heat and heat transfer, electrodynamics, acoustics, such as the mechanics of coupled fields. Industry-specific modeling and analysis avoids costly and lengthy type development cycles.

2 Rationale for the use of VZP in the drive of a manual machine

An analysis of the RM designs showed that the vast majority of them were created on the basis of collector motors (CD) with a power of 180 W to 2 kW. KD have a low specific gravity, and the frequency of rotation of the armature of such engines is 12000 ... 18000 rpm. Therefore, to obtain a relatively high torque and low speed on the spindle, it is necessary to use multi-stage gearboxes or gearboxes with a large gear ratio in one stage. In manual machines, gearboxes of various types have found application: cylindrical one-, two- and three-stage; conical; worm and planetary. For some types of work, for example, cutting and threading, drilling in soil, etc., increased torque is required in combination with a low speed on the working body. For RM - electric drill, it is proposed to use a wave reducer with intermediate rolling elements (PTK) as a transmission mechanism.

For wave reducers, the advantages can be listed:

1. Large gear ratios (range from 40 to 320);

2. High efficiency (0.8 - 0.9);

3. High output torque;

4. Transmission of movement through a sealed partition that does not require additional seals;

5. High load capacity with small dimensions and weight;

6. Smooth running and low noise during operation;

7. Multi-pairing and multi-zone engagement provide a small kinematic error and high rigidity of the mechanism;

8. Small vibration and errors in manufacturing and installation;

9. High wear resistance due to the absence of sliding friction;

10. Minimum maintenance costs (due to the use of grease, control of the lubricant level is not required);

11. Fast starts deceleration of mechanisms due to low inertia and high dynamism.

The wave gear reducer consists of a rigid wheel with fixed internal teeth, a flexible wheel, and a wave generator that deforms the flexible wheel in the radial direction. The wave gear reducer is a new type of transmission design in the gear reducer. A flexible gear is used. to create a controlled elastic deformation wave that causes the teeth of the rigid wheel and the flexible wheel to move relatively to transfer power and motion. This kind of transmission differs significantly from the conventional gear transmission and has features in the theory of gearing, collective calculations and structural design. The wave gear reducer has the advantages of high precision and high bearing capacity. Compared with the conventional reducer, since the material used is 50% smaller, its volume and weight are reduced by at least 1/3.

In construction and agriculture, there are such types of work that require a sufficiently high torque on the working body. For example, drilling holes for fence posts, foundations for small buildings and overpasses, drilling holes for blasting and

engineering surveys, etc.

Therefore, in order to expand the range of hand-held machines (RM) produced, a design of a hand-held electric drill with a wave gear (VZP) was developed, designed for drilling soils of categories I-IV according to the Gosstroy classification. The set of essential features of the device is not known from the prior art.

Single-phase collector motors with double insulation with a power of 60 ... 2000 W, with an armature speed of 200 ... 300 s–1 are predominantly used in RM drives (up to 70%). These motors are characterized by a high power density per unit mass, the ability to withstand short-term overloads, insensitivity to voltage fluctuations in the supply network, and a low level of starting current (no more than four times the nominal value). They are safe to operate, can operate on AC and DC, and do not require bulky transformers or frequency converters to power them.

3 Description of the working principle of wave gear

It consists of a rigid fixed element - a gear wheel with internal teeth, fixed relative to the transmission housing; a flexible element - a thin-walled elastic gear wheel with external teeth connected to the output shaft; wave generator - a cam, eccentric or other mechanism that stretches the flexible element until the formation of pairs of engagement with a fixed element at two (or more) points. The number of teeth of the flexible wheel is slightly less than the number of teeth of the fixed element. The number of deformation waves is equal to the number of protrusions on the generator. At the top of the waves, the teeth of the flexible wheel fully engage with the teeth of the rigid wheel, and at the troughs of the waves, they completely disengage. The linear speed of the deformation waves corresponds to the speed of the

tops of the protrusions on the generator, that is, there are traveling waves in the flexible element with a known linear speed. The difference between the number of teeth of a rigid and flexible wheel is usually equal (rarely a multiple) of the number of deformation waves.

For example, when the number of teeth of the flexible wheel is 160, the fixed element is 162 and the two-wave transmission (two protrusions on the wave generator) when the generator is rotated clockwise, the first tooth of the flexible wheel will enter the first cavity of the rigid one, the second tooth will enter the second, etc. up to the two hundredth tooth and two hundredth cavity. On the next revolution, the first tooth of the flexible wheel will enter the two hundred and first cavity, the second - in the two hundred and second, and the third - in the first cavity of the rigid wheel. Thus, for one complete revolution of the wave generator, the flexible wheel will shift relative to the rigid one by 2 teeth.

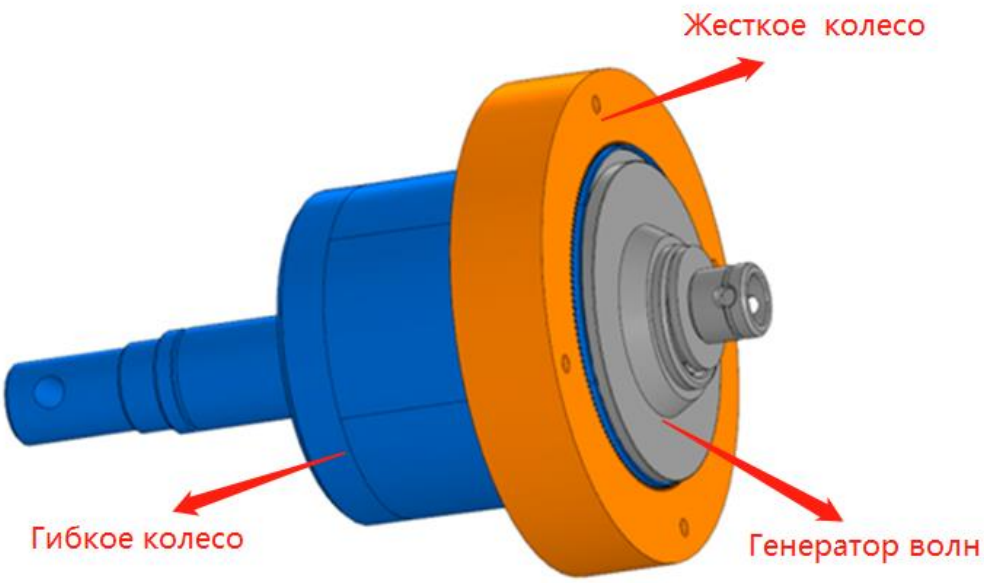

Figure 5.1. wave gear

Wave gear is different from conventional gear. The transmission of torque and

movement is mainly dependent on the constant elastic deformation of the flexible wheel. Take the most commonly used two-wave transmission as an example, let the wave generator be its input terminal, the flexible hose its output terminal, and the rigid wheel fixed. By defining the distance between the inner and outer surfaces of the flexible wire as the thickness δ of the flexible wire, it can be seen that the thickness δ of the flexible wire is much smaller than other design dimensions and is typically less than 5% of the minimum value. radius of curvature, so the theory of thin shells can be used for research.

The study of the midplane of the flexible tire shell, since the axial movement of the harmonic gear only affects the stress state of the shell and has nothing to do with its kinematic analysis and solution, so the problem is simplified to a flat task for research, that is, the shell The midplane is simplified to the midline.

Assuming that the wall thickness of the flexible tire does not affect the deformation of the flexible tire, the average line size remains the same after the deformation of the load, and the flexible line can be completely deformed according to the shape created by the wave generator, then:

$\varphi 0$ - as the initial angle of the wave generator

ω - as wave generation Generator speed

t - time, φ - angle of rotation of the wave generator

α - radial deformation of the flexible plume

β - tangential deformation flexible line,

The center line of the flexible line is subdivided into countless tiny line elements, depending on which one is selected. A tiny line element is studied as shown in Figure

5.1.

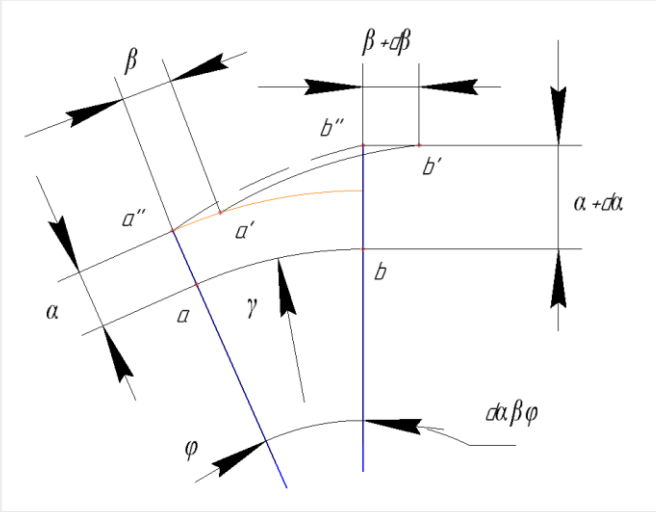

Figure 5.2. An approximate diagram of the principle of operation of a wave gear train

Famous:

$$\begin{cases} \alpha = f_1(\varphi_0 + \omega_t) \\ \beta = f_2(\varphi_0 + \omega_t) \end{cases} \quad (1\text{-}1)$$

There is

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_t \quad (1\text{-}2)$$

In a two-wave gear, the function f_1 (φ) is a periodic function with a period of π. Based on the assumptions made above, a functional relationship between α and β can be deduced. As shown in Figure 3, the initial line element a b on the midline of the flexible spline shell is deformed into a' b' by the wave generator.

The deformation process is divided into two stages, the first stage is the radial deformation and the second is the tangential deformation. Then, if a b is displaced by "b" under the action of radial deformation, the change in length Δ1 of the line element can be expressed as:

$$\Delta_1 = (r + \alpha)d_\varphi - rd_\varphi = \alpha d_\varphi \quad (1\text{-}3)$$

Among them, r is the initial radius of the center line of the flexible spline shell.

Then, under the action of tangential deformation, a'' b'' is displaced to a' b', and the change in the length Δ2 of the linear element can be expressed as:

$$\Delta_2 = (\beta + d\beta) - \beta = d_\beta \quad (1\text{-}4)$$

Since the length of the center line of the flex remains the same, then:

$$\Delta_1 + \Delta_2 = 0 \quad (1\text{-}5)$$

$$d_\beta = -\alpha d_\varphi \quad (1\text{-}6)$$

That is:

$$f_2(\varphi) = -\int f_1(\varphi) d\varphi \quad (1\text{-}7)$$

It can be seen that $f_2(\varphi)$ is also a periodic function with period π. Using equations (1-1) and (1-7), you can determine the trajectory of any element on the center line of the flexible spline shell. The trajectory is a closed ellipse with period π, and the specific shape of the trajectory depends on α and the relationship between β.

Due to this movement, the teeth in the range of any initial linear element ab on the center line of the flexible body of the wheel will move along with the linear element ab, thereby pushing the rigid wheel to move in the direction of rotation of the wave generator.

The working principle of wave transmission is to use the elastic deformation characteristics of the flexible tire to realize the motion transformation dα / dt and dβ / dt related to φ, so that the flexible line is located on the long axis of the trajectory of each element. The teeth of the wheel fully engage with the teeth of the rigid wheel and fully disengage on the short shaft. When the wave generator rotates continuously, the teeth of the flexible wheel and the rigid wheel will continuously reciprocate in the four states of engagement and disengagement, realizing the continuous transmission

of motion and torque. Based on the results of the above analysis, the kinematics and dynamics of the system can be studied.