

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки: 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение Отделение
 школы (НОЦ) Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Модуль солнечной электростанции с волновым редуктором и управляемым приводом

УДК 621.311.24-024.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Ли Баочэн		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Крауиньш Петр Янович	доктор технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Любовь Юрьевна	кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств	Мартюшев Никита Владимирович	кандидат технических наук		

Томск – 2021 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять <i>глубокие естественнонаучные и математические знания</i> для создания нового технологического оборудования и машин.	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК2, 3). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современного машиностроительного производства для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1-4). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P3	Ставить и решать <i>инновационные задачи инженерного анализа</i> , связанные с созданием и обработкой новых изделий с использованием системного анализа и моделирования объектов машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-5-9). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	<i>Разрабатывать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-15-17). Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	Проводить теоретические и модельные исследования в области машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК16). Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P6	Внедрять и обслуживать современные высокотехнологические линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО (ОК-2, ПК-9, ПК-11, 12, 13, 14). Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> для <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВО (ОПК-4, ПК2, ПК-3, ПК-13, ПК-14, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностраннным языком</i> на уровне, позволяющем работать в	Требования ФГОС ВО (ОПК-3, ОПК-4, ПК-13, ПК-18). Критерий 5 АИОР

	иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности	(п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК18). Критерий 5 АИОР (п. 2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов, компетентность в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС ВО (ОК-2). Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Отделение школы (НОЦ) материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Н.В. Мартюшев

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Ли Баочэн

Тема работы:

Модуль солнечной электростанции с волновым редуктором и управляемым приводом	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Общий дизайн и разработка системы отслеживания солнечных панелей Частичное исследование конструкции отвечает за редуктор с большим передаточным числом системы. Частичное проектирование и доработка механизма регулировки шага Проектирование устройств передачи энергии
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор литературы по распределению солнечной энергии и солнечных батарей Разработайте соответствующие методы движения системы для разработки механизмов вращения и шага Рассчитайте передаточное число вращения и спроектируйте соответствующий редуктор. Механизм проектного шага Устройство передачи энергии конструкции

	Анализируйте силу и ветровое сопротивление рамы системы при сильном ветре.
Перечень графического материала	Компоновочные схемы, графики исследований зубчатого зацепления, математические модели, графики переходного процесса
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор и исследовательская часть	Крауиньш П.Я., д.т.н., профессор ОМ
Финансовый менеджмент	Спицына Л.Ю., к.э.н., доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Сечин А.А., к.т.н., доцент
Иностранный язык	Миронова В.Е., к.ф.н., старший преподаватель ОИЯ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Литературный обзор	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Крауиньш Петр Янович	д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Ли Баочэн		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Уровень образования магистр

Отделение школы (НОЦ) материаловедения

Период выполнения осенний / весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Крауиньш Петр Янович	Д.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»	Мартюшев Никита Владимирович	кандидат технических наук		

РЕФЕРАТ

Ключевые слова: волновой редуктор, Солнечная энергия,солнечная панель,Двойная осевая система,Передача энергии,

Целью этой работы является разработка системы солнечных панелей с активным отслеживанием солнца, двухосным приводом для автономной работы, всегда обращенной к солнцу и увеличением производственной мощности. Разработать и спроектировать редуктор, регулятор шага и устройство передачи энергии, необходимое для системы.

В рамках работ была изучена работа солнечной энергии и солнечных панелей, рассмотрены различные типы редукторов, спроектированы редукторы, разработаны механизмы регулирования шага и устройства передачи энергии.

Выполните соответствующий расчет оптимизации разработанного двухступенчатого волнового редуктора движения и проведите расчет прочности. Создайте математическую модель рамы, чтобы смоделировать ветровое сопротивление рамы при сильном ветре.

оглавление

РЕФЕРАТ	7
Вступление.....	11
Актуальность работы.....	12
Рабочие цели.....	14
Научная новизна	14
Практическое значение	14
1. Литературный обзор	15
1.1 Солнечная	15
1.1.1 Классификация солнечной энергии	16
1.1.2 Использование солнечной энергии.....	17
1.1.3 Режим использования солнечной энергии.....	18
1.1.4 Преимущества и недостатки сбора солнечной энергии	20
1.1.5 Основное устройство сбора солнечной энергии - солнечные батареи.	22
1.1.6 Закон распределения солнечной энергии.....	23
1.2 Система слежения за солнечными панелями.....	24
1.2.1 Разница между фиксированной системой и системой слежения	25
1.2.2 Режимы, которые можно использовать для реализации солнечных панелей, следующих за движением солнца	26
1.3. Редуктор.....	28
1.3.1 Классификация ускорителей	28
1.3.2 Характеристики различных редукторов.....	29
2. Анализ и расчетное моделирование.....	33
2.1 Анализировать требования	33
2.1.1 Проанализировать и определить режим работы системы.....	33
2.1.2 Определите передаточное число.....	35
2.1.3 Определить тип редуктора.....	36
2.2 Дизайн и 3D моделирование редуктора	38
2.2.1 Конструкция циклоидного редуктора	38
2.2.2 Моделирование редуктора дизайна	39
2.2.3 Оптимизировать редуктор	41
2.2.4 Изменить зубья редуктора	43

2.2.5	Конструкция опоры солнечной панели.....	44
2.2.6	Конструкция механизма подачи	45
2.2.7	Конструкция устройства передачи энергии.....	47
2.3	Проверка и расчет	48
2.3.1	Расчет беглости.....	48
2.3.2	Метод трения.....	51
2.4	Исследование сопротивления ветра.....	54
2.4.1	Предпосылки исследования.....	54
2.4.2	Теоретическое обоснование	54
2.4.3	Практическая реализация	58
2.5	Математическое моделирование.....	60
2.5.1	Программы Подбор параметров.....	62
2.5.2	Графическая модель конструкции в среде Simulink	63
2.5.3	Выводы, полученные после математического моделирования	64
	Вывод по главе:.....	66
3.	Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	69
	Введение	69
3.1	Потенциальные потребители результатов исследования	69
3.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	70
3.2.1	Технические характеристики	71
3.2.2	Технические характеристики проектируемого редуктора	73
3.3	SWOT-анализ	76
3.4	Инициация проекта.....	79
3.4.1	Цели и результат проекта	79
3.5	Организационная структура проекта.....	80
3.6	Ограничения и допущения проекта	81
3.7	Оценка готовности проекта к коммерциализации	82
3.8	Планирование управления научно-техническим проектом	85
3.8.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	85
3.8.2	Продолжительность этапов работ.....	87
3.8.3	Бюджет научного исследования.....	95
3.8.4	Расчет материальных затрат НТИ.....	96

3.8.5 Основная заработная плата исполнителей.....	97
3.8.6 Дополнительная заработная плата исполнителей	101
3.8.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	102
3.8.8 Расчет затрат на электроэнергию.....	103
3.8.9 Расчет амортизационных расходов.....	105
3.8.10 Накладные расходы	106
3.9 Определение ресурсоэффективности научного исследования	108
4. Социальная ответственность	116
4.1 Введение	116
4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	118
4.3 Производственная безопасность	121
4.3.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов Микроклимат	123
4.3.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействий показателей микроклимата.....	127
4.4 Экологическая безопасность	131
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	135
Приложение А	140
Приложение Б.....	168
Приложение В	170
Приложение Г.....	171
Приложение Д	173
Приложение Е.....	174

Вступление

Вступив в 21 век, наука и технологии человеческого мира стремительно развивались, и уровень науки и технологий достиг новой высоты. С развитием науки и техники требуется все больше и больше энергии. В условиях огромного спроса на энергию традиционные источники энергии постепенно обнажили свои недостатки. Нефтехимические виды топлива, такие как уголь и нефть, будут выделять в процессе производства углекислый газ, вызывающий парниковый эффект, что не соответствует текущим инициативам по защите окружающей среды.

Итак, сейчас необходимо разработать новые источники энергии, такие как энергия ветра, воды и солнца. Среди них, ветроэнергетика требует крупномасштабного ветроэнергетического оборудования, которое не может быть произведено во всех странах, и необходимо выбирать специальные ветреные места. Гидроэнергетика требует огромных инвестиций для реализации проектов водного хозяйства. Солнечная энергия универсальна и является равным источником энергии для всех, поэтому развитие солнечной энергии - единственный путь для получения энергии будущего.

Говоря о солнечной энергии, нужно думать, что обычные солнечные панели фиксированы и в основном расположены на юге, а угол с землей составляет от 30 до 50 градусов, так, есть дни, в которых можно наблюдать большее количество солнечной энергии. Максимум энергии можно увидеть в полдень. Согласно данным об угле с землей, большинство из них основано на опыте персонала, устанавливающего солнечные панели для определения степени наклона солнечных панелей, установленных в данной местности. И в какое время года пользователю необходимо большое количество электроэнергии для определения степени наклона. Сформировано большое количество солнечных электростанций. У них много солнечных фотоэлектрических панелей из монокристаллического или поликристаллического кремния. Эти солнечные панели размещены на больших полках, но на некоторых электростанциях используются солнечные панели, отслеживающие солнце в режиме реального времени.

Если солнечная панель оснащена системой слежения, она всегда будет обращена к солнцу. В этом случае солнечная панель будет получать больше энергии, чем солнечная панель без устройства слежения. Все мы знаем, что в системе много солнечных панелей, а солнечные панели - это дорогие электронные компоненты. С помощью системы отслеживания мы можем уменьшить количество солнечных панелей в системе, но производственные мощности останутся прежними. Система отслеживания может помочь нам снизить затраты или увеличить производственные мощности при строительстве солнечных электростанций. Солнце движется медленно, поэтому система слежения также должна работать медленно, а обычные редукторы, представленные на рынке, не могут удовлетворить потребности системы слежения. Обычные редукторы имеют недостаточные передаточные числа, или редукторы с большими передаточными числами очень большие и громоздкие.

Этот тип редуктора отличается надежной работой, простой обработкой и конструкцией, но в редукторе с относительно большим понижением скорости он состоит из нескольких шестерен, потребляет много энергии, громоздок и неудобен в эксплуатации. Очень большие редукторы не подходят, а несколько групп редукторов потребляют много энергии. Так был исследован зубчатый редуктор с эксцентриковым валом и двойными цилиндрическими зубьями планетарной передачи. Он может иметь большое передаточное число и небольшие размеры. Шаговая структура солнечной панели реализуется винтовой конструкцией и несущей гайкой. Редуктор осуществляет синхронное движение с солнцем, а конструкция винта с гайкой реализует изменение солнечной панели с высотой солнца круглый год на Земле. Собирает большое количество энергии, уменьшает собственное потребление, увеличивая производственную мощность.

Актуальность работы.

В процессе долгосрочного развития энергии, необходимость в ней человечеству, постепенно увеличивается. Нефтехимическое топливо ограничено, а также разведка, бурение и переработка этих видов топлива, загрязняют окружающую среду, поэтому людям срочно нужны новые типы зеленых энергий, чтобы заменить существующее

нефтехимическое топливо.

Существуют альтернативные источники зеленой энергии, такие как ядерная энергия, энергия ветра, водное хозяйство и солнечная энергия. Каждый источник энергии имеет свои особенности. Ядерная энергия - это технология, освоенная не всеми странами. Очень сложно и безответственно бороться с ядерной аварией в стране, которая не владеет ядерными технологиями, как Япония. Инвестиции в ядерную энергетику очень высоки, технология очень сложная, производственная мощность на высоком уровне, а утилизация образующихся ядерных отходов теперь также сталкивается с проблемами. На энергию ветра сильно влияют экологические и географические условия, и не все места подходят для работы с ветроэнергетикой. Использование плотин для накопления водных ресурсов, и использование потока воды для приведения в движение турбин для выработки электроэнергии, дает большие объемы производству, но в некоторых странах с засухой и нехваткой воды невозможно построить центры водного хозяйства. Эти страны с дефицитом воды часто являются развивающимися странами и им нужна энергия.

Солнечная энергия - это излучение солнца или его тепло, приносимое солнечными лучами. Солнечная энергия - это равноценный зеленый источник энергии. Многие жители имеют в домах солнечные коллекторы, такие как солнечные батареи. Таким образом, солнечная энергия - это универсальный вид энергии, не требующий больших затрат и инвестиций в строительство и который можно легко популяризировать. Потому, когда солнечные лучи не попадают прямо на солнечную панель, эффективность сбора энергии солнечной панелью снижается. В настоящее время все популярнее солнечные панели являются стационарными, и большую часть дня они работают неэффективно, тратя энергию.

Необходимо создать устройство сбора солнечной энергии, которое может следовать за вращением солнца, которое может собирать почти всю солнечную энергию от восхода до заката солнца, уменьшая потери энергии и увеличивая емкость сбора энергии.

Рабочие цели

Эта задача посвящена созданию системы сбора солнечной энергии, которая следует за движением солнца, реагирует на системы сбора солнечной энергии на больших электростанциях и домашних дворах обычных жителей, а также создает компактное, недорогое производство, простое в эксплуатации.

Научная новизна

Создан новый тип недорогой системы сбора солнечной энергии, который дает возможность инвестировать в солнечные электростанции в будущем, реализовывать малые электростанции во дворах простых жителей и удовлетворять потребности жителей в электроэнергии в повседневной жизни. При условии снижения затрат, это также может увеличить производственные мощности.

Практическое значение

Поскольку система и редуктор являются предметом теоретических исследований, файл проекта, разработанный в SolidWorks, используется для создания прототипа, чтобы проверить, отражены ли результаты анализа, представленные в этой работе, на реальном оборудовании. После проверки его истинных характеристик, устройство можно подать на заявку патента или полезной модели.

1. Литературный обзор

1.1 Солнечная

Солнечная энергия - это разновидность возобновляемой энергии. Она относится к энергии теплового излучения солнца, которая в основном выражается в виде солнечных лучей. В наше время она обычно используется для выработки электроэнергии или обеспечения энергией водонагревателей.

С момента зарождения жизни на Земле, она в основном выживала за счет теплового излучения, создаваемого солнцем. С древних времен люди также понимали, что солнечные лучи могут сушить предметы и также их можно использовать в качестве метода приготовления пищи, например для приготовления солёной рыбы. С сокращением использования ископаемого топлива, солнечная энергия стала важной частью использования энергии человеком и постоянно развивается. Есть два способа использования солнечной энергии: преобразование света в тепло и фотоэлектрическое преобразование. Генерация солнечной энергии, является новым возобновляемым источником энергии.

Солнечная энергия - это энергия, производимая в процессе непрерывной реакции ядерного синтеза внутри Солнца. Средняя интенсивность солнечного излучения на орбите Земли составляет 1369 Вт / м². Окружность земного экватора составляет 40 076 километров, поэтому можно подсчитать, что энергия, получаемая Землей, может достигать 173 000 ТВт. Стандартная пиковая интенсивность на уровне моря составляет 1 кВт / м², а среднегодовая 24-часовая интенсивность излучения в определенной точке на поверхности Земли составляет 0,20 кВт / м², что эквивалентно 102 000 ТВт энергии.[1]

Хотя энергия, излучаемая солнцем в атмосферу Земли, составляет лишь 1 / 2,2 миллиардной его общей лучистой энергии, она уже достигает 173 000 ТВт. Энергия, излучаемая на Землю, составляет $1,465 \times 10^{14}$ Дж. Энергия ветра Земли, энергия воды, энергия разницы температур океана, энергия волн и энергия биомассы - все это исходит от Солнца, даже ископаемое топливо на Земле (например, уголь, нефть, природный газ и т. д.). Поэтому, в широком смысле, солнечная энергия включает в себя

очень большой диапазон, в то время как в узком смысле, солнечная энергия ограничивается прямым преобразованием солнечной лучистой энергии, фототермической, фотоэлектрической и фотохимической.

1.1.1 Классификация солнечной энергии

1. Фотоэлектрические

Модуль фотоэлектрической панели - это устройство для выработки электроэнергии, которая вырабатывает постоянный ток при воздействии с солнцем. Он состоит из твердых фотоэлементов, почти полностью изготовленных из полупроводниковых материалов (например, кремния). Простые фотоэлектрические элементы могут обеспечивать энергией часы и компьютеры, а более сложные фотоэлектрические системы могут использоваться в освещении, светофорах и системах мониторинга для домов и интеграции их в электросеть. Компоненты фотоэлектрических панелей могут иметь различную форму, а также могут быть соединены для выработки большего количества электроэнергии. Как крыша, так и поверхность здания могут использовать компоненты фотоэлектрических панелей, и даже использоваться в качестве части окон, световых люков или затеняющих устройств. Эти фотоэлектрические устройства, обычно называются фотоэлектрическими системами, прикрепленными к зданию.

Согласно исследованию, установка фотоэлектрических модулей сократится в 2012 году из-за избыточных мощностей. Согласно среднему прогнозу, 6 аналитиков Bloomberg, дома и коммерческие учреждения по всему миру установят 24,8 ГВт фотоэлектрических модулей. Это эквивалентно выработке электроэнергии примерно 20 ядерными реакторами, но на 10% ниже установленной фотоэлектрической мощности 27,7 ГВт.

2. Свет и тепло

Современные солнечные тепловые технологии объединяют солнечный свет и используют его энергию для производства горячей воды, пара и электричества. В дополнение к использованию соответствующей технологии для сбора солнечной энергии, здания могут также использовать солнечный свет и тепло, добавляя соответствующее оборудование во время проектирования, например, огромные окна, выходящие на юг, или используя строительные материалы, которые могут поглощать и медленно выделять солнечное тепло.

1.1.2 Использование солнечной энергии

Использование солнечной энергии, в настоящее время, не очень популярно, и использование солнечной энергии для выработки электроэнергии все еще вызывает проблемы, связанные с высокой стоимостью и низкой эффективностью преобразования, а солнечные элементы использовались для обеспечения энергией искусственных спутников.

Солнечная энергия является одновременно первичным и возобновляемым источником энергии. Она богата ресурсами и может использоваться бесплатно, без транспортировки и не загрязняет окружающую среду. Она создаёт новый образ жизни для человечества, приводя общество и человечество в целом в эру энергосбережения, сокращения загрязнения.

Использование света и тепла

Его основной принцип состоит в том, чтобы собирать энергию солнечного излучения и преобразовывать ее в тепловую энергию, посредством взаимодействия с веществом для использования.

Использование выработки электроэнергии

Широкомасштабное использование чистой новой энергии в будущем солнечная энергия будет использоваться для производства электроэнергии.

Фотохимическая утилизация

Это метод фотохимического преобразования, в котором энергия солнечного излучения используется для прямого расщепления воды, для производства водорода. Он включает фотосинтез, фотоэлектрохимическое действие, светочувствительное химическое действие и реакцию фотолиза.

Фотохимическое преобразование - это процесс преобразования в химическую энергию, в результате химической реакции, вызванной поглощением светового излучения. Его основные формы - фотосинтез растений и фотохимические реакции, в которых используются химические изменения веществ для хранения солнечной энергии.

Растения содержат хлорофилл для преобразования световой энергии в химическую энергию, для достижения собственного роста и воспроизводства. Если можно будет раскрыть тайну фотохимического преобразования, искусственный хлорофилл можно будет использовать для выработки электроэнергии. Фотохимическое преобразование солнечной энергии активно исследуется.

Процесс преобразования солнечной энергии в биомассу осуществляется посредством фотосинтеза растений. Гигантские водоросли.

1.1.3 Режим использования солнечной энергии

Широкомасштабное использование чистой новой энергии в будущем солнечная энергия будет использоваться для производства электроэнергии. Есть много способов использовать солнечную энергию для производства электроэнергии. В основном это два практических.

1. Свето-тепло-электрическое преобразование.

То есть использование тепла, выделяемого солнечным излучением, для выработки электроэнергии. Обычно солнечный коллектор используется для преобразования поглощенной тепловой энергии в пар в качестве рабочего тела, а затем пар приводит в действие газовую турбину, чтобы приводить в действие генератор для выработки электроэнергии. Первый процесс - это преобразование света в тепло, а второй процесс - преобразование тепла в электричество. Есть два преобразования энергии, и каждое преобразование энергии имеет потерю, а потери энергии большие.



Рис. 1 Солнечные электростанции, используемые для преобразование света-тепла-электричества

2. Светозлектрическое преобразование.

Его основной принцип заключается в использовании фотоэлектрического эффекта для прямого преобразования энергии солнечного излучения в электрическую, а основным устройством является солнечная батарея.



Рис. 2 Солнечные электростанции используют фотоэлектрическое преобразование

1.1.4 Преимущества и недостатки сбора солнечной энергии

Преимущества

(1) Универсальность: Солнце светит по всей земле, нет географических ограничений, на суше или на море, на горах или на островах, оно повсюду, его можно напрямую развивать и использовать, легко собирать и он не требует горнодобывающую промышленность и транспорт.

(2) Безвредность: развитие и использование солнечной энергии не приведет к загрязнению окружающей среды. Это один из самых чистых источников энергии. Это чрезвычайно ценно сегодня, когда загрязнение окружающей среды ухудшается.

(3) Огромность: энергия солнечного излучения, которая достигает поверхности Земли каждый год, эквивалентна, примерно, 130 триллионам тонн угля, и ее общее количество является крупнейшим источником энергии, которая может быть разработана сегодня в мире.

(4) Долговечность: согласно оценке уровня ядерной энергии, производимой Солнцем, запаса водорода достаточно для поддержания десятков миллиардов лет, а

продолжительность жизни Земли также составляет около нескольких миллиардов лет. Можно сказать, что энергия солнца неиссякаемая.

Недостатки:

(1) Дисперсность: хотя общее количество солнечной радиации, достигающей поверхности земли, велико, плотность потока энергии очень мала. В среднем около Тропика Рака, когда летом ясная погода, интенсивность солнечной радиации наибольшая в полдень, а солнечная энергия, получаемая на площади в 1 квадратный метр, перпендикулярной направлению солнечного света, составляет в среднем около 1000 Вт; зимой это примерно половина, а в пасмурные дни обычно только около 1/5. Такая плотность потока энергии очень низкая.

(2) Нестабильность: из-за природных условий, таких как день и ночь, время года, географическая широта и высота, а также влияния случайных факторов, таких как солнце, пасмурность, облака и дождь, солнечное излучение, достигающее определенной поверхности, является прерывистым. Да, он крайне нестабилен, что затрудняет масштабное использование солнечной энергии. Чтобы сделать солнечную энергию непрерывным и стабильным источником и, наконец, стать альтернативным источником энергии, который может конкурировать с традиционными источниками, необходимо решить проблему ее хранения, то есть сохранить энергию солнечного излучения во время солнечных дней, как можно больше, ночью или в дождливые дни.

(3) Низкая эффективность и высокая стоимость: некоторые аспекты уровня развития использования солнечной энергии теоретически осуществимы и технически зрелы. Однако, некоторые устройства для использования солнечной энергии имеют низкую эффективность и высокую стоимость, а текущая эффективность использования в лаборатории не превышает 30%. В целом, экономика не может конкурировать с традиционными источниками энергии. В течение значительного периода времени, в будущем, дальнейшее развитие использования солнечной энергии будет, в основном, ограничиваться экономикой.

1.1.5 Основное устройство сбора солнечной энергии - солнечные батареи.

Солнечная панель является основной частью системы производства солнечной энергии. Функция солнечной панели заключается в преобразовании световой энергии солнца в электрическую и последующем выводе постоянного тока для хранения в аккумуляторной батарее. Солнечные панели являются одним из наиболее важных компонентов в системах производства солнечной энергии, а их коэффициент преобразования и срок службы являются важными факторами и определяющими, имеют ли солнечные элементы потребительскую ценность. Конструкция модуля: В соответствии со стандартами Международной электротехнической комиссии IEC: 1215: 1993, 36 или 72 поликристаллических кремниевых солнечных элемента используются последовательно для формирования модулей на 12 В и 24 В. Этот компонент может использоваться в различных домашних фотоэлектрических системах, независимых фотоэлектрических электростанциях и фотоэлектрических электростанциях, подключенных к сети.[1]

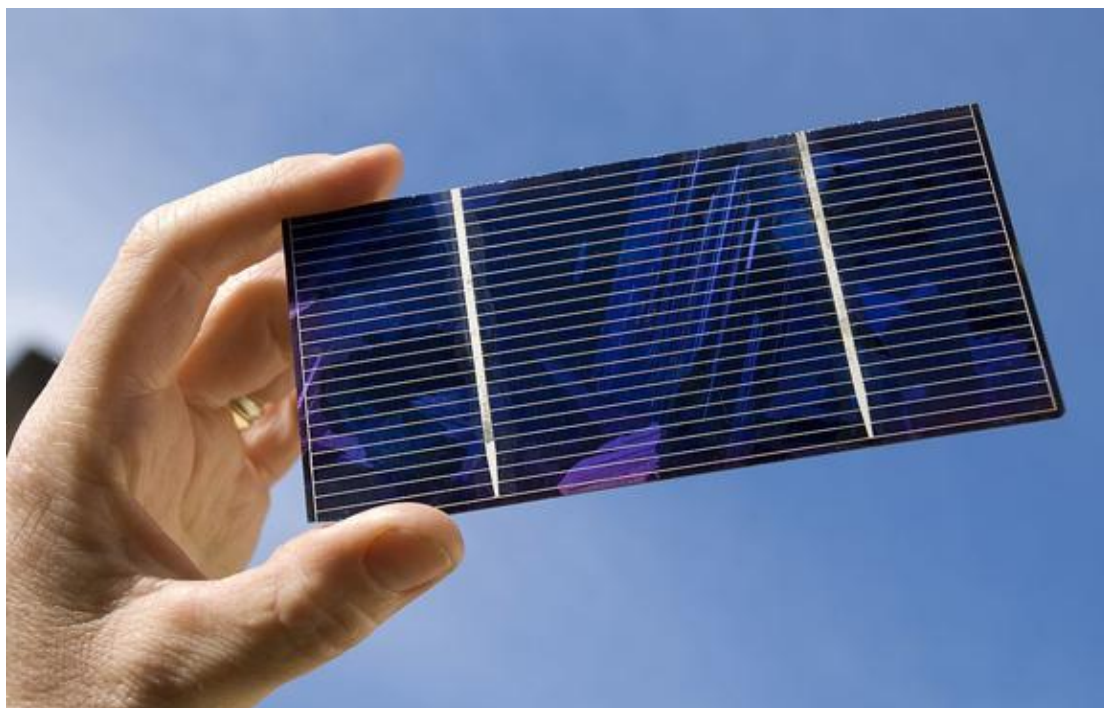


Рис. 3 Солнечная панель

1.1.6 Закон распределения солнечной энергии

Эффективность солнечной панели для сбора солнечной энергии зависит от угла между источником света и панелью. Когда свет направлен перпендикулярно панели, производственная мощность достигает своего пика. Исследования компании Small Power Systems показывают, что каждый градус отклонения будет уменьшаться на 0,15% -0,2%. Для производительности, если цель отклонена на десять градусов, выход все равно будет 98,5% от максимального значения. Следовательно, изучение закона солнечных лучей полезно для развития системы слежения за солнцем.

Поскольку шар вращается вокруг земной оси, соединяющей два полюса (север и юг), суточное вращение перпендикулярно экватору, но не перпендикулярно плоскости земной орбиты. Фактически, текущий наклон или угол наклона земной оси, по отношению к прямой, перпендикулярной плоскости ее орбиты, составляет приблизительно 23,26 °. Мы называем эту плоскость параллельной небесному экватору Земли и проходим через центр Солнца, как плоскость Солнца. Земля завершает полный эллиптический цикл на этой плоскости каждый год.

Солнце движется на запад каждый час, проходя через 15 градусов долготы каждый час. Прямая точка Солнца каждый год перемещается взад и вперед на Тропике Рака. Согласно расчетам, каждый день можно перемещать примерно на 0,25 градуса широты.

В день весеннего равноденствия, солнце светит прямо на экватор, а затем движется на север до 22 июня (летнего солнцестояния) к тропику Рака. В день летнего солнцестояния, прямая точка солнца находится в тропике Рака, а затем она перемещается на юг, пока не достигнет экватора 23 сентября (осеннее равноденствие). В период осеннего равноденствия, солнце светит прямо на экватор, а затем продолжает двигаться на юг до 22 декабря (зимнее солнцестояние) к тропику Козерога. В день зимнего солнцестояния прямая точка солнца находилась в тропике Козерога, а затем сместилась на север, вернувшись к экватору 21 марта (весеннее равноденствие).

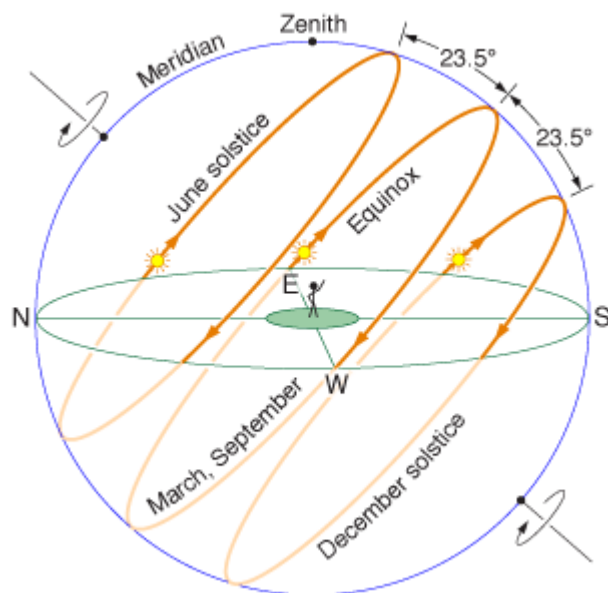


Рис. 4 Карта воздействия солнца

Поэтому, траектория попадания прямых солнечных лучей на Землю, будет периодически меняться. Как показано ниже.

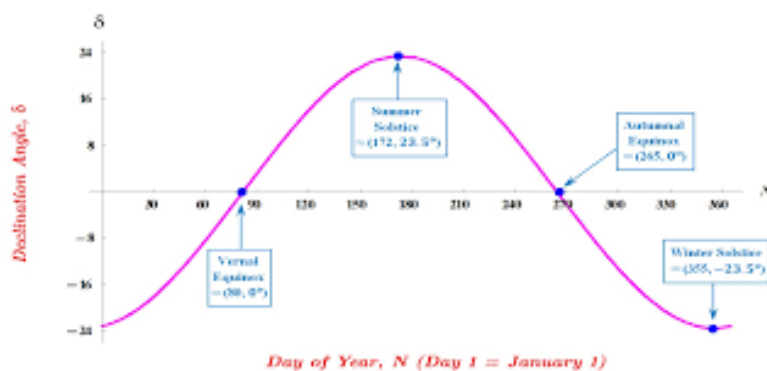


Рис. 5 Изменения размерности солнца

1.2 Система слежения за солнечными панелями

Обычные солнечные панели фиксированы и в основном расположены на юге. Угол между местом установки и землей составляет от 30 до 50 градусов, так что за один день максимальная солнечная энергия может быть получена в полдень, когда солнечная энергия наиболее высока. обильная энергия. Согласно данным об угле с землей, большинство из них основано на опыте персонала, устанавливающего солнечные панели, для определения степени наклона солнечных панелей, установленных в данной местности. И в какое время года пользователю необходимо большое количество электроэнергии для определения степени наклона. Угол наклона солнца сильно меняется в течение года, что требует ручной настройки персоналом.

Основная причина использования солнечных трекеров - снижение затрат на сбор энергии. По сравнению с фиксированным массивом с таким же количеством модулей солнечных батарей, трекер генерирует больше энергии за более длительный период времени. Этот дополнительный выход энергии или «усиление», можно количественно выразить в процентах от выхода фиксированного массива. Там, где больше всего солнца, меньше облаков, влаги, дымки, пыли и дыма, солнечные панели с трекерами собирают больше энергии. В более высоких широтах, прирост будет увеличиваться из-за длинной дуги летнего солнца. В пасмурном месте годовая доходность трекера может снизиться на 20%. В областях, которые в целом хороши, ежегодный прирост составляет от 30% до 40%. Доходность в любой день может варьироваться от почти нуля до почти 100%. В районах с сезонными изменениями она колеблется от 20% до 30% зимой (с октября по март) до 40% до 55% летом. Как правило, трекер будет увеличивать свою мощность больше всего в то время, когда солнечная энергия фиксированного массива производит наименьшую мощность. В долгие летние дни, прирост мощности солнечных панелей с трекерами намного больше, чем зимой. Яркого солнечного света хватит на много часов, включая период пикового использования коммунальных услуг.[2-4]

1.2.1 Разница между фиксированной системой и системой слежения

Солнечный трекер представляет собой стойку для модулей фотоэлектрических панелей, которая в течение дня всегда направлена или перпендикулярна солнцу. Солнечный трекер повышает эффективность системы, уменьшает размер всей системы и снижает стоимость строительства солнечных электростанций; двухосный трекер используется для перемещения по двум осям, чтобы напрямую указывать на солнце, тем самым максимизирует использование солнечной энергии. Преимущество солнечных трекеров заключается в снижении затрат на сбор солнечной энергии. По сравнению с модулями с таким же количеством солнечных панелей, солнечные панели с трекерами вырабатывают больше энергии за более длительный период времени,

имея больше производственных мощностей.



Рис. 6 Солнечная электростанция, которая может отслеживать солнце

1.2.2 Режимы, которые можно использовать для реализации солнечных панелей, следующих за движением солнца

Для реализации солнечной панели, отслеживающей движение солнца, можно использовать два режима: один - это активный режим следования, а другой - пассивный режим следования.

1. Активный режим следования должен определять положение солнца, и автоматически изменять его положение для достижения наилучшего положения и для получения солнечной энергии в соответствии с положением солнца. Этот режим требует расхода энергии, чтобы следовать за солнцем.

Активный режим следования – это устройство для солнечной панели, которое автоматически следует за солнцем. Оно состоит из двигателя, механической части и электрической части управления. Оно отличается тем, что механическая часть установлена в центре панели дневного света, а двигатель и электрическая часть управления - на главном вращающемся валу. Кроме того, вторичный вал также управляется электронным контроллером для регулировки угла наклона солнечной панели. Источник света идентифицируется светочувствительным элементом управления и возвращается в компьютерную систему управления. Компьютер управляет работой двигателя так, чтобы солнечная панель была обращена к солнцу.

Регулировка двух осей может заставить солнечную панель следовать за солнцем на все время.[5-8]

Преимущество этой системы состоит в том, что она может настраивать солнечные панели так, чтобы они смотрели на солнце автономно, без вмешательства человека, а механическая система проста. Недостатком системы является то, что она сильно зависит от компоненты электронного управления и компоненты электронного управления являются расходными материалами, что увеличивает стоимость обслуживания в более поздний период. В случае внешних световых помех, нагрузка на систему возрастает, и потребление энергии серьезно вызывает сбой системы или повреждение всей системы. Вся система громоздка и сложна, а длительная работа компоненты электронного управления, компонентов электронного управления и систем механического привода потребляет слишком много энергии, что на самом деле не приносит значительного улучшения энергопотребления и экономической выгоды.

2. Система пассивного слежения - это система, которая предварительно настраивается в соответствии с траекторией движения солнца и не изменяется при изменении внешних условий. Поскольку вращение Земли формирует суточные восходы Солнца в восточном и западном направлениях - 23,26 градуса вращения Земли вокруг Солнца и отклонение земной оси, заставляют Солнце изменять свою высоту за один год. Более того, траектория движения Земли и Солнца не изменится, это фиксированная траектория и закон, который не изменится, поэтому траектория движения может быть задана и запрограммирована, а конкретные механические конструкции могут быть использованы для реализации этих конкретных законов. [9-12]

Сложность этой системы состоит в том, что ей нужен компактный редуктор с большим передаточным числом и прочной и надежной механической структурой, способный выдержать медленное движение, которое следует за солнцем. Преимуществами этой системы являются сильная против интерференционная способность и простая конструкции. Для работы системы требуется только прочная и надежная механическая конструкция. Она не требует сложной электронной системы управления, но предъявляет более высокие требования к механической части. [13,14]

Таким образом, пассивная система слежения имеет простую конструкцию, сильную помехоустойчивость и не требует сложной электронной системы управления. Система не потребляет слишком много энергии и действительно может принести значительное улучшение энергопотребления и экономические выгоды. Но система нуждается в конструкции коробки передач, которая отвечает потребностям системы.

1.3. Редуктор

Редуктор представляет собой независимый компонент, состоящий из зубчатой передачи, червячной передачи и зубчато-червячной передачи, заключенных в жесткий корпус. Он часто используется в качестве устройства редукционной передачи между исходной движущейся частью и рабочей машиной. Он играет роль согласования скорости и передаваемого крутящего момента между первичным двигателем и рабочей машиной или приводом, и широко используется в современном оборудовании.

Редуктор обычно используется для низкоскоростного трансмиссионного оборудования и оборудования с высоким крутящим моментом. Электродвигатель, двигатель внутреннего сгорания или другая высокоскоростная рабочая мощность используется для достижения цели замедления, за счет зацепления с большой шестерней на выходном валу через шестерню, с небольшим количеством зубьев на первичном валу редуктора. Редуктор также будет иметь несколько пар шестерен с тем же принципом для достижения идеального эффекта редукции. Соотношение числа зубьев большой и малой шестерен – это и есть трансмиссия или соотношение.

1.3.1 Классификация ускорителей

Редуктор играет роль согласования скорости и передачи крутящего момента между первичным двигателем и рабочей машиной или приводом. Это относительно точная машина. Цель его использования - снизить скорость и увеличить крутящий

момент. У него есть множество различных моделей, и разные типы имеют разное применение. Есть много типов редукторов:

(1) По типу трансмиссии ее можно разделить на: зубчатый редуктор, червячный редуктор и планетарный редуктор;

(2) По количеству ступеней трансмиссии ее можно разделить на: одноступенчатые и многоступенчатые редукторы;

(3) По форме шестерни его можно разделить на: цилиндрический зубчатый редуктор, конический редуктор и конусно-цилиндрический зубчатый редуктор;

(4) По компоновке трансмиссии ее можно разделить на: расширяемый редуктор, шунтирующий редуктор и коаксиальный редуктор.[15-18]

1.3.2 Характеристики различных редукторов

(1) Червячный редуктор

Основная особенность червячного редуктора заключается в том, что он имеет функцию обратной самоблокировки и может иметь большее передаточное число. Приводной вал и выходной вал не находятся на одной оси или в одной плоскости. Но, как правило, объем большой, эффективность передачи и точность невысокие.

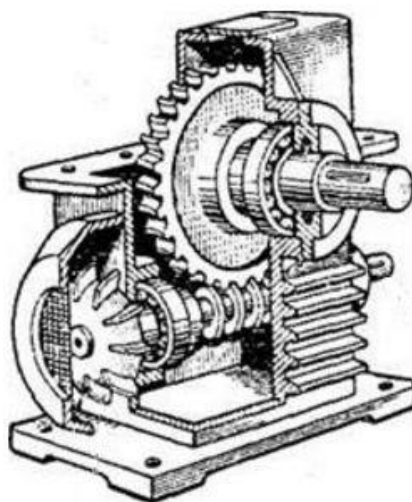


Рис. 7 Червячный редуктор

(2) Гармонический редуктор

Гармонический привод гармонического редуктора использует управляемую упругую деформацию гибкого элемента для передачи движения и мощности. Объем небольшой, а точность высокая. Однако недостатком является то, что гибкое колесо имеет ограниченный срок службы и не устойчиво к ударам. Жесткость сравнивается с неметаллическими деталями. Скорость ввода не может быть слишком высокой.

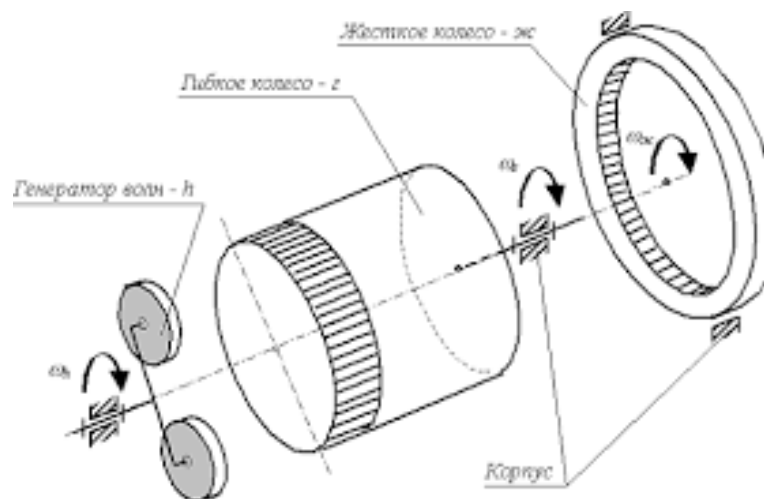


Рис. 8 Гармонический редуктор

(3) зубчатый редуктор

Зубчатый редуктор отличается небольшими размерами и большим передаточным крутящим моментом. Зубчатый редуктор спроектирован и изготовлен на основе модульной комбинированной системы. Существует множество комбинаций двигателей, форм установки и конструктивных схем, а передаточное число точно настроено для соответствия различным условиям эксплуатации и реализации электромеханической интеграции. Редуктор имеет высокую эффективность передачи, низкое энергопотребление и превосходные характеристики.



Рис. 9 зубчатый редуктор

4) Планетарный редуктор

Преимуществами планетарного редуктора являются его компактная конструкция, малый возвратный зазор, высокая точность, длительный срок службы и большой номинальный выходной крутящий момент, но он стоит дорого.

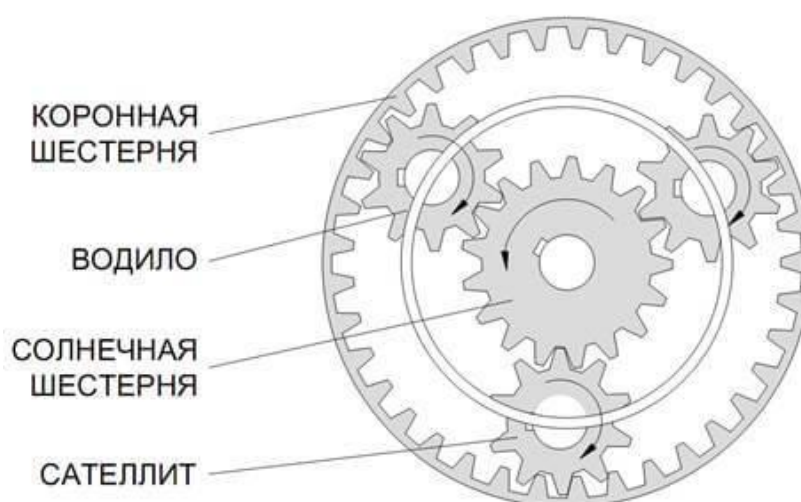
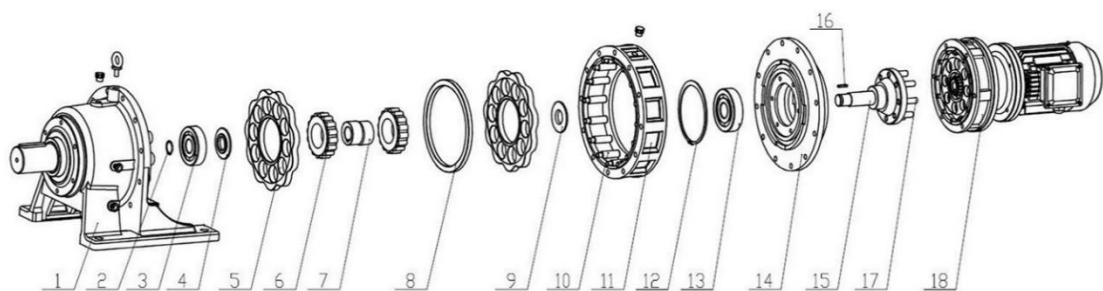


Рис. 10 Планетарный редуктор

5) Циклоидальный винтовой редуктор

Циклоидальный шестеренчатый редуктор - это модель трансмиссии, в которой используется принцип планетарной трансмиссии с циклоидальным зацеплением зубьев пальцев. Это идеальное трансмиссионное устройство с компактной конструкцией, высоким передаточным числом, высокой эффективностью, малым размером, низким уровнем шума и многими другими преимуществами широкий спектр использования, и он может работать как положительно, так и отрицательно.



- | | | | | | |
|--------------------------|---------------------|------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1.Base | 4. Gasket | 7.Eccentric bush | 10.Pin wheel, pin sleeve | 13.Middle shaft bearing f | 16. parallel key |
| 2.Circlip for shaft | 5.Cycloidal wheel | 8.Interval ring | 11.Pin wheel housing | 14. Middle flange | 17.Pin roll/Pin bush |
| 3.Middle shaft bearing e | 6.Eccentric bearing | 9.Low gasket | 12.Circlip for hole | 15. Middle shaft | 18.Low speed stage part |

Рис. 11 Циклоидальный винтовой редуктор

2. Анализ и расчетное моделирование.

2.1 Анализировать требования

Поскольку солнечные панели также могут собирать энергию, когда они не полностью обращены к солнцу, при разнице в 10 градусов энергия уменьшается на 1,5%. Придерживаясь принципа сокращения энергопотребления и максимального использования солнечной энергии, электрическому устройству не нужно постоянно смотреть на солнце, и оно может периодически перемещаться в течение дня, что может снизить потребление энергии, но разница углов не может быть слишком большой для большого количества собранной энергии.[12-14]

Чтобы устройство было надежным, длительным сроком эксплуатации, удобным обслуживанием и регулировкой, калибровкой в более поздний период, частота вращения выходного вала после редуктора должна быть больше 1 об / мин.

Солнце движется на запад каждый час, проходя через 15 градусов долготы каждый час. Прямая точка Солнца каждый год перемещается взад и вперед на Тропике Рака. Согласно расчетам, каждый день можно перемещать примерно на 0,25 градуса широты. Определить двухосную систему вращения.[6],[7]

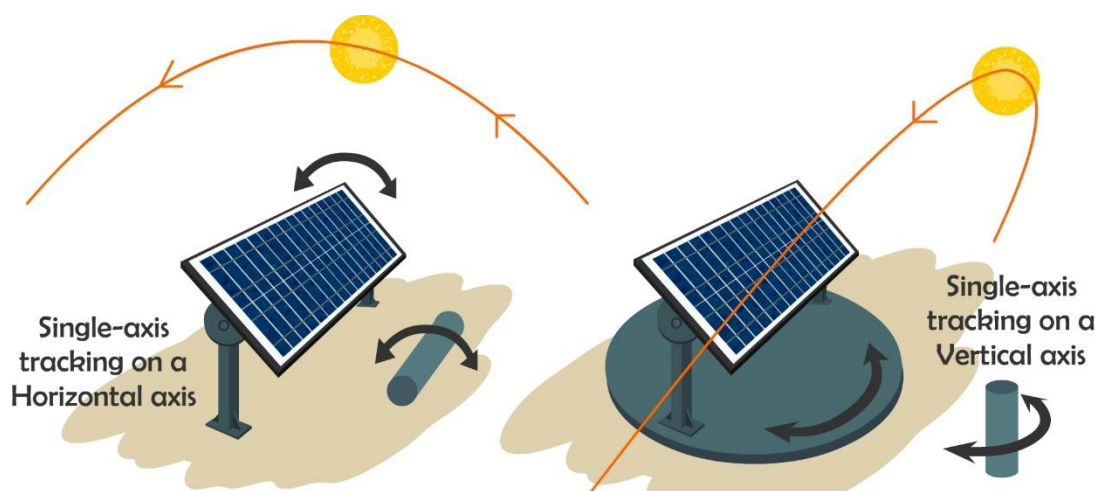


Рис. 12 Движение солнечных панели вслед за солнцем

2.1.1 Проанализировать и определить режим работы системы

После анализа спроса система определила двухосную систему в качестве системы привода. Движение Земли и Солнца представляет собой трехмерную систему, а ось абсцисс - это движение Солнца с востока на запад, вызванное вращением Земли. Ось Y вызывается отклонением земной оси и вращением Земли, ежедневным изменением высоты Солнца и изменением высоты Солнца в каждом сезоне. Ось Z - это изменение расстояния от Солнца, вызванное тем, что орбита Земли имеет форму эллипса.

Мы можем полностью упростить это до смены самолета:

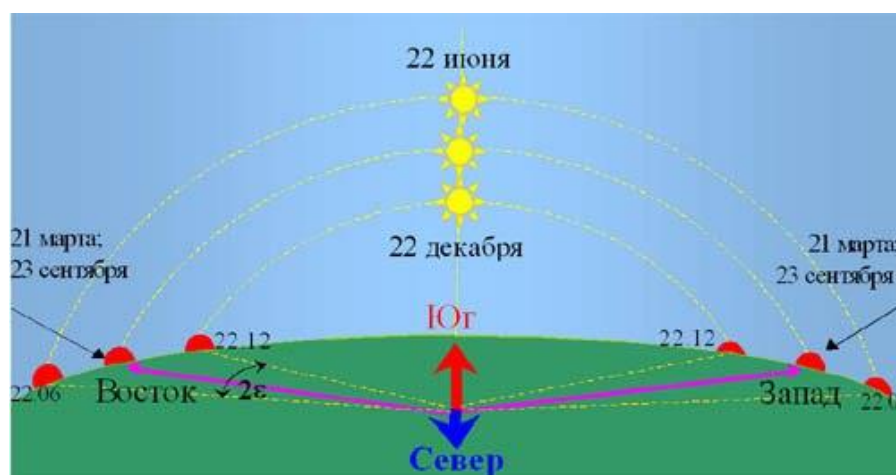


Рис. 13 Упрощённое движение солнца по плоскости
Для двухосной трансмиссии разработаны две схемы привода:

(1) Ось редуктора перпендикулярна земле, и платформа добавлена выше. На платформе есть вторая ось, которая контролирует наклон солнечной панели. Эта двухосевая система требует отдельного управления двумя осями, которая требует сложной системы управления. Связывание двух осей вместе затрудняет соблюдение правил системы для управления высотой шага, а два двигателя работают постоянно, что увеличивает потребление энергии и фактически не приносит значительных результатов, улучшение энергии и экономии.[8-10]

(2) Двигатель регулирует угол наклона платформы, и на платформе есть редуктор. Такой механизм управления должен иметь только редуктор, чтобы соответствовать ежедневным изменениям солнца. Управление углом наклона реализуется двигателем и не требует дополнительного редуктора, потому что прямая точка солнца каждый год перемещается взад и вперед по тропику Рака. Согласно расчетам, каждый день можно перемещать примерно на 0,25 градуса широты. Вам нужно заниматься только один раз

в четыре дня или дольше, и вы можете увеличивать или уменьшать 1-2 градуса за раз.

Преимущество этого двухосного приводного механизма состоит в том, что, хотя это двухосный привод, двигатель, который регулирует шаг, имеет короткое время работы в течение года и низкое энергопотребление. Этот двигатель даже может быть исключен в будущей оптимизации для достижения управления двумя осями с одним двигателем. В системе нужен только один редуктор. Такая конструкция значительно снижает затраты и снижает потребление энергии, что на самом деле может привести к значительному повышению энергопотребления и экономическим выгодам.

если мы возьмем систему координат (ось Z- к центру земли , а плоскость XY перпендикулярно - то следить за движением солнца придется 2- приводами одновременно. А если плоскость XY совмещать с плоскостью орбиты земли то слежение производится только одним приводом. а корректировка положения плоскости орбиты относительно неподвижной системы координат осуществляется периодически (80 градусов делим на 54 недели - это примерно 1.5 градуса в неделю)

2.1.2 Определите передаточное число

После сравнения и сравнения рынка был выбран мотор-редуктор с регулируемой скоростью. Этот мотор-редуктор состоит из редуктора и мотора с номинальной скоростью 1350 об / мин.



Рис. 14 Выбранный мотор-редуктор

Этот тип понижающей коробки передач обеспечивает понижающий модуль с

различными передаточными числами, и коробка передач имеет лучшие характеристики в условиях трехступенчатой трансмиссии. Передаточные числа под трехступенчатой трансмиссией - 37, 41, 50, 60, 75.



Рис. 15 Коробка передач мотор-редуктора

Чтобы добиться максимального эффекта торможения при наилучших характеристиках, было выбрано передаточное число 75, так что выходная скорость всего мотор-редуктора составляет $1350/75 = 18$ оборотов в минуту.

Количество выходных кругов в день составляет:

$$18 * 60 * 24 = 25920 \text{ оборотов / сутки}$$

Благодаря надежности устройства, длительной эксплуатации, удобству обслуживания и регулировки и калибровки в более поздний период, частота вращения выходного вала после редуктора должна быть более 1 оборота в сутки. Таким образом, передаточное число $i < 25920$.

2.1.3 Определить тип редуктора

Четко соблюдение требований солнечной системы к редуктору:

(1) Чтобы реализовать популяризацию сбора солнечной энергии, он подходит для крупномасштабных многогрупповых солнечных панелей на электростанциях, а также для небольших солнечных панелей для домашнего использования, поэтому размер редуктора должен быть небольшим.

(2) Передаточное отношение i редуктора должно быть около 20000, поэтому редуктор должен соответствовать большому передаточному отношению.

(3) Из-за медленной работы расширение является высокоточным редуктором.

(4) В условиях экономии и производительности, редуктор должен иметь высокий КПД передачи, что может снизить потери энергии.

После сравнения требований циклоидный редуктор соответствует указанным выше требованиям.

2.2 Дизайн и 3D моделирование редуктора

2.2.1 Конструкция циклоидного редуктора

Циклоидальный шестеренчатый редуктор - это новое трансмиссионное устройство, в котором применяется принцип планетарной передачи с зацеплением зубцов циклоидального пальца. Редуктор, используемый в этой системе, отличается от традиционного циклоидного редуктора. Все передаточное устройство циклоидного редуктора можно разделить на три части: входная часть, часть замедления и выходная часть. Входной вал представляет собой двойной эксцентриковый вал (эксцентриситет $e =$ половина радиуса игольчатого зуба), который смещен на 180° . На эксцентриковом валу установлены два роликовых подшипника, называемые вращающимися рычагами, которые образуют Н-образный механизм и два циклоидных центрального отверстия. Они представляют собой дорожку качения подшипника рычага на эксцентриковом валу, а циклоидальная шестерня входит в зацепление с набором расположенных по кругу игольчатых зубцов на игольчатой шестерне, образуя понижающий механизм с внутренним зацеплением с разницей зубьев в один зуб.[15-18]

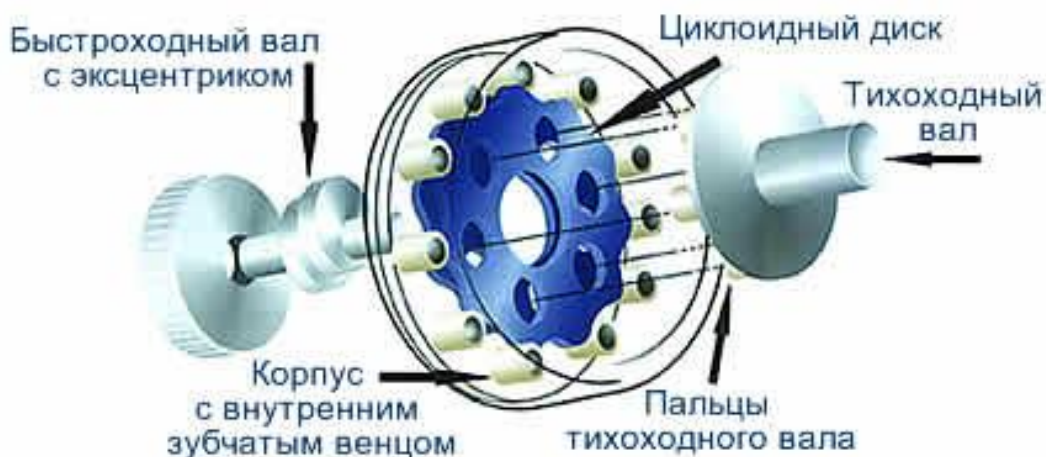


Рис.16 Конструкция циклоидного редуктор

Когда входной эксцентриковый вал вращается в течение одного цикла, из-за характеристик кривой профиля зуба на циклоидальной шестерне и ограничения зубьев иглы на игольчатой шестерне и эксцентриковом валу, зафиксированном с центром вала и корпусом, циклоидальная шестерня начинает качаться в плоскости. Когда входной эксцентриковый вал совершает полный оборот, циклоида вращает один

зуб в противоположном направлении, чтобы получить замедление, а затем с помощью выходного механизма внутренней шестерни низкоскоростной качание циклоиды выводится через зубья шестерни с внутренней шестерней, чтобы заставить внутреннюю шестерню вращаться, чтобы получить более низкую выходную скорость.

Циклоидальный винтовой редуктор имеет высокое передаточное число и высокоэффективную одноступенчатую трансмиссию более 90%. Если будет принята многоступенчатая трансмиссия, передаточное число будет больше, а комбинированное многоступенчатое передаточное число может достигать десятков тысяч, и система зацепления штифт-зуб. Относительное скольжение по поверхности зацепления из-за трения качения отсутствует, поэтому эффективность торможения на первой ступени достигает 94%, компактную конструкцию и небольшие размеры. Благодаря принципу планетарной передачи, входной и выходной валы находятся на одной оси, поэтому размер модели должен быть как можно меньше, иметь плавный ход и низкий уровень шума. Циклоидные игольчатые зубья имеют большое количество зубьев зацепления, большой коэффициент перекрытия и механизм механической балансировки, так что вибрация и шум сведены к минимуму. Многие пары зубьев контактируют одновременно во время работы, с большой степенью совпадения, стабильной работой, высокой перегрузочной способностью, низким уровнем вибрации и шума, надежным использованием и длительным сроком службы.

2.2.2 Моделирование редуктора дизайна

После понимания принципа действия и устройства редуктора, редуктор для этой работы был модифицирован, смоделирован и спроектирован. Принцип работы, разработанного в данной работе редуктора волнового движения следующий:

Мотор-редуктор приводит во вращение входной вал коробки передач. Входной вал представляет собой эксцентриковый вал (эксцентриситет $e = r / 2$) со смещением на 180° и двумя центрами эксцентриковых валов $e = r$. К корпусу редуктора добавлено несколько эксцентриковых валов, так что крутящий момент входного вала заставляет

шестерню качаться в плоскости. Когда входной эксцентриковый вал вращается вперед на один цикл, циклоида вращает один зуб в противоположном направлении, чтобы уменьшить скорость. Затем, с помощью выходного механизма внутренней шестерни, низкоскоростное качание циклоиды выводится на набор зубьев внутренней шестерни, чтобы внутренняя шестерня вращалась для получения более низкой выходной скорости.

Теперь при проектировании двухступенчатого редуктора используются две схемы расчета коаксиального выхода: радиальная (многоступенчатый редуктор) и осевая (многоступенчатый редуктор). Оба метода позволяют создать компактную коробку передач. Для передаточного числа $i = 24000$ можно рассматривать следующие значения передаточного числа:

$$100 * 240$$

$$120 * 200$$

$$150 * 160$$

Рассмотрим макетную схему радиального многоступенчатого редуктора на примере $150 * 160$.

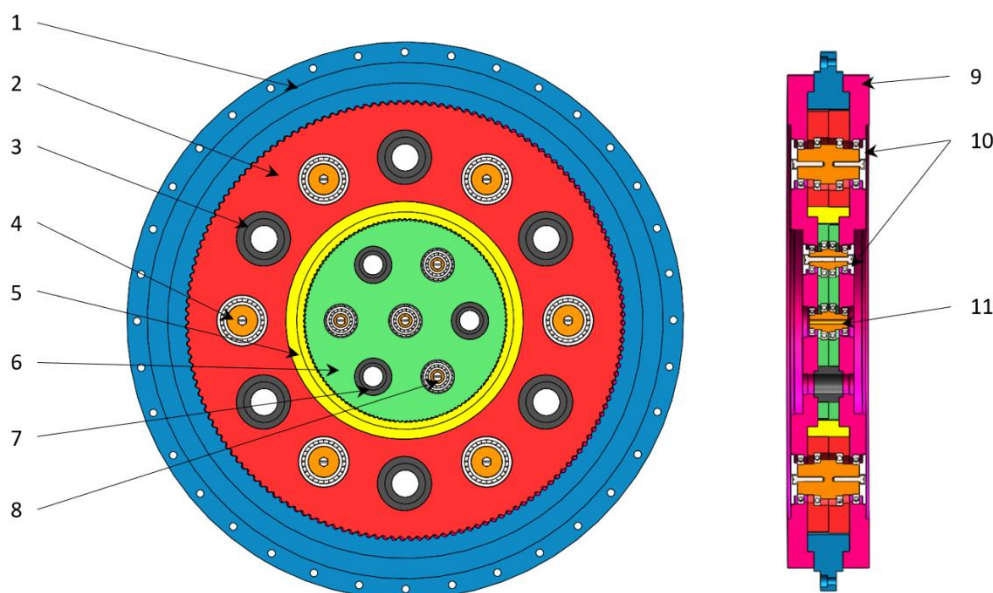


Рис.17 Радиально расположенный двухступенчатый редуктор

1-колесо редуктора второй ступени, 2-шестерня редуктора 2-й ступени, 3-эксцентриковая опора, 4-эксцентриковая втулка и опора, 5-колесо редуктора первой ступени, которое также является вторым. -ступенчатый редуктор Эксцентриковый входной вал, 6-ступенчатая шестерня редуктора

первой ступени, 7-эксцентриковая опора, 8-ми эксцентриковая втулка и опора, торцевая крышка 9-ящика, торцевая крышка 10-вала, входной 11-эксцентриковый вал.

Выходной вал редуктора первой ступени используется как входной вал редуктора второй ступени, а выходной вал редуктора первой ступени также является эксцентриковым валом, эксцентриситет $e_2 = r_2 / 2$

Рассмотрим макетную схему осевого многоступенчатого редуктора на примере 150 * 160.

Выходной вал редуктора первой ступени используется как входной вал редуктора второй ступени. Выходной вал редуктора первой ступени соединен с фланцем, а эксцентриковый входной вал редуктора второй ступени соединен шлицами.

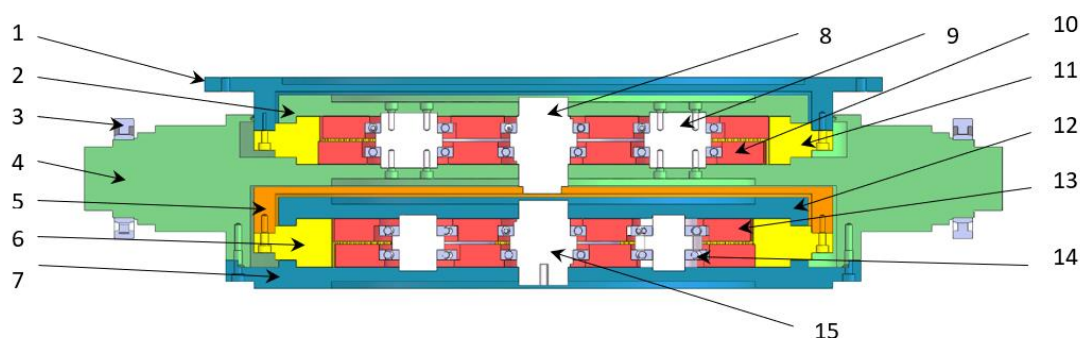


Рис.18 Осевой двухступенчатый редуктор

1-выходной фланец, 2-торцевая крышка редуктора 2-й ступени, 3-подшипник, 4-коробка, 5-фланец, 6-колесо редуктора первой ступени, 7-ступенчатый редуктор Щека, 8-эксцентриковый вал, 9-эксцентриковая втулка и опора, 10- шестерня редуктора второй ступени, 11-ступенчатое колесо редуктора, 12- торцевая крышка редуктора первой ступени, 13- и шестерня редуктора, 14-подшипник, 15- эксцентриковый первичный вал.

2.2.3 Оптимизировать редуктор

Придерживаясь идеи снижения затрат, простой и надежной конструкции, мы оптимизировали конструкцию редуктора. В оригинальном редукторе используется большое количество подшипников, которые предназначены для уменьшения трения и обеспечения бесперебойной работы системы. Однако, скорость работы солнечной панели очень мала, и редуктору также необходима несущая способность, то есть несущая способность в осевом направлении, для чего требуются специальные подшипники, что, несомненно, увеличивает стоимость. Такое низкоскоростное

движение можно заменить подшипниковыми втулками, что снижает стоимость и упрощает конструкцию.

После грубого расчета крутящего момента, двухступенчатый редуктор, расположенный в осевом и радиальном направлениях, может удовлетворить привод, но при условии того же диаметра и размера, двухступенчатый редуктор, расположенный в осевом направлении, использует больше материалов и добавляет два. Соединительный фланец между ступенями, увеличивает сложность устройства, увеличивает ненадежность устройства и затраты на производство и обработку. Поэтому редуктор оптимизирован, и оптимизированная конструкция показана на следующем рисунке:

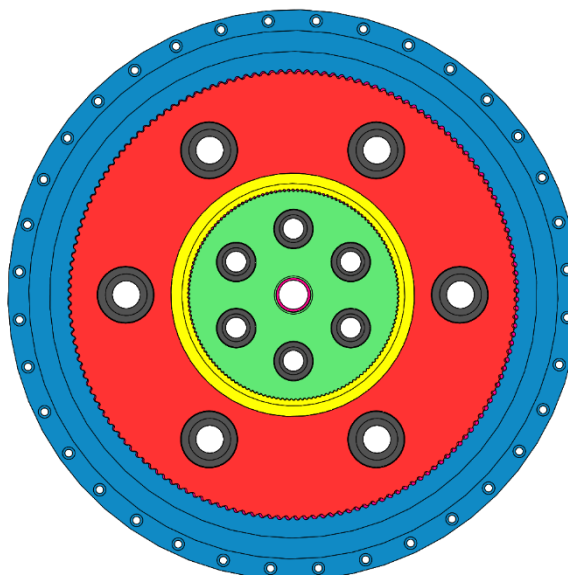


Рис.19 Оптимизированный двухступенчатый редуктор с осевым расположением

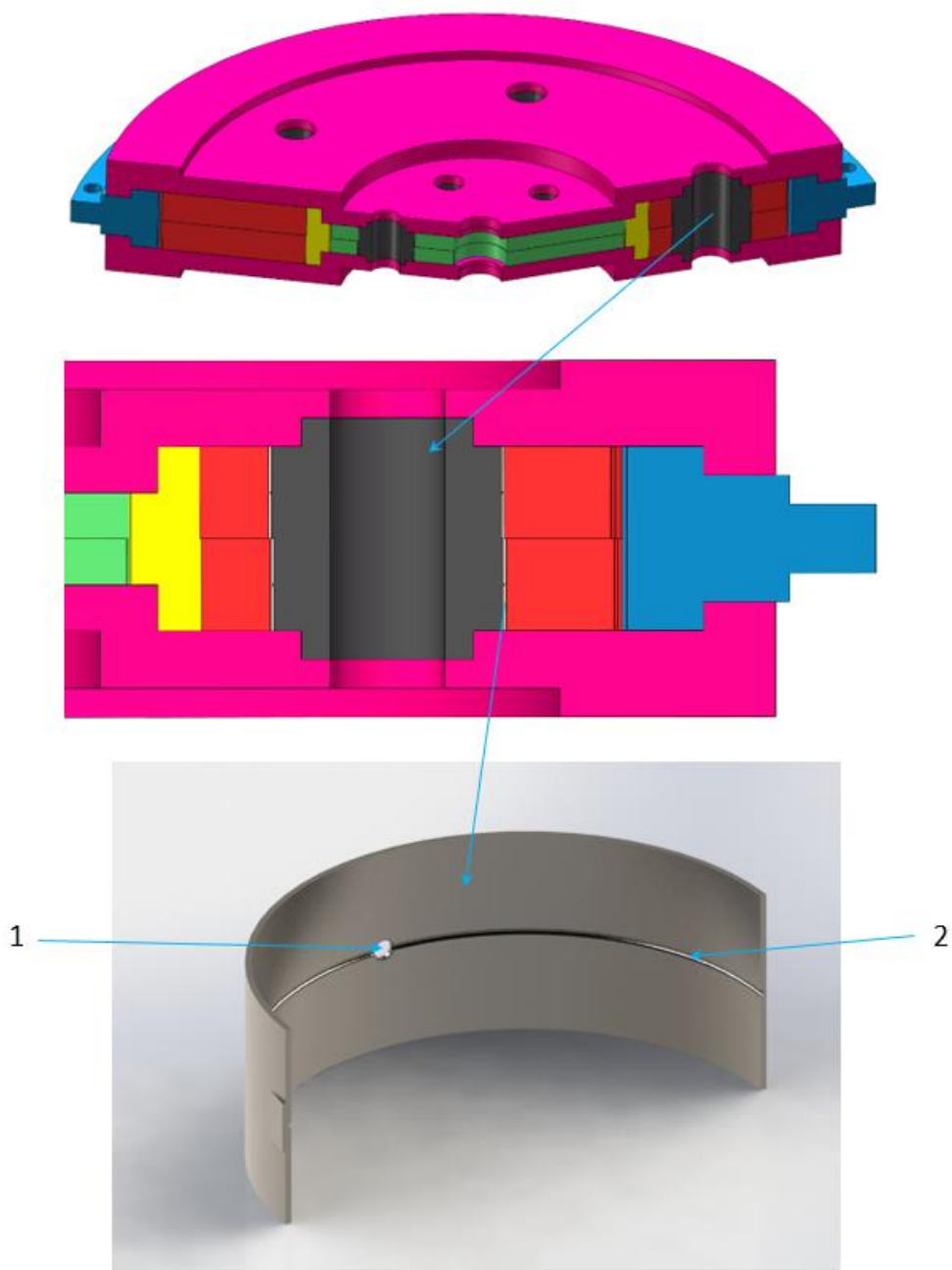


Рис.20 3D моделирование вида в плане и деталей редуктора и сменного подшипника.
 1- отверстие для впрыска масла, 2- маслопроводящая канавка

2.2.4 Изменить зубья редуктора

Согласно предыдущему исследованию Янкиной Ирины Ивановны, интерференция между зубами устраняется, а область перекрытия зубов обрабатывается для устранения интерференции. Поскольку шестерни Новикова представляют собой цилиндрические шестерни, а шестерни Новикова бывают двух

типов: шестерни и колеса, шестерни выпуклой формы и шестерни вогнутой формы. Другой тип - шестерни и колеса, которые представляют собой шестерни с вогнутой и выпуклой формой. Из-за разницы в контактной линии зацепления, согласно результатам предыдущих исследований, для конструкции, радиуса фаски и поднутрения, используется новый профиль зуба. Шестерня может быть использована. Уменьшить ненужные помехи, когда шестерня находится в движении.

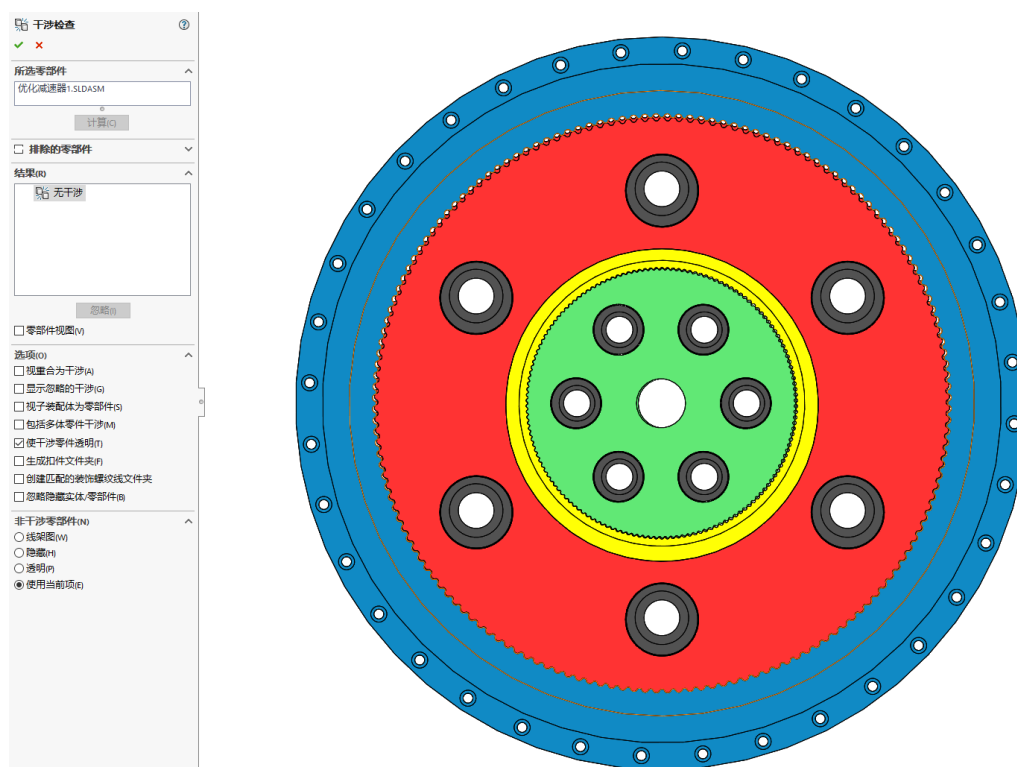


Рис.21 Обнаружение помех на узле редуктора в SolidWorks

2.2.5 Конструкция опоры солнечной панели

В соответствии с существующими материалами и с учетом дождя и снега в реальной ситуации, квадратная труба из алюминиевого сплава 6063-T6, используется для создания каркаса солнечной панели. Солнечная панель изготовлена из поликристаллического кремния, а выходная мощность фотоэлектрическая панель мощностью 500 Вт. Планируется установить 6 плат, общая мощность - 1800 Вт, общая выходная мощность - 3 кВт, время выдержки производственного блока - 20 мин / кВт · ч. Данные объема солнечной панели 1640 * 986 * 40 мм. Фланец приварен снизу

для облегчения соединения кронштейна и редуктора болтами.

Каркас не только поддерживает солнечные панели, но и может выдерживать непогоду. При строительстве больших солнечных электростанций и небольших бытовых электростанций, место должно быть открытым. Эти места требуют определенного сопротивления ветру и возможности дноуглубительных работ. С другой стороны, регионы с более высокими широтами, такие как Россия, имеют большие площади земли и малонаселены, там много солнечных часов летом и они подходят для строительства большого количества солнечных электростанций. В то же время, необходимо решить работы по уборке снега зимой. После проектирования модель устанавливается следующим образом:

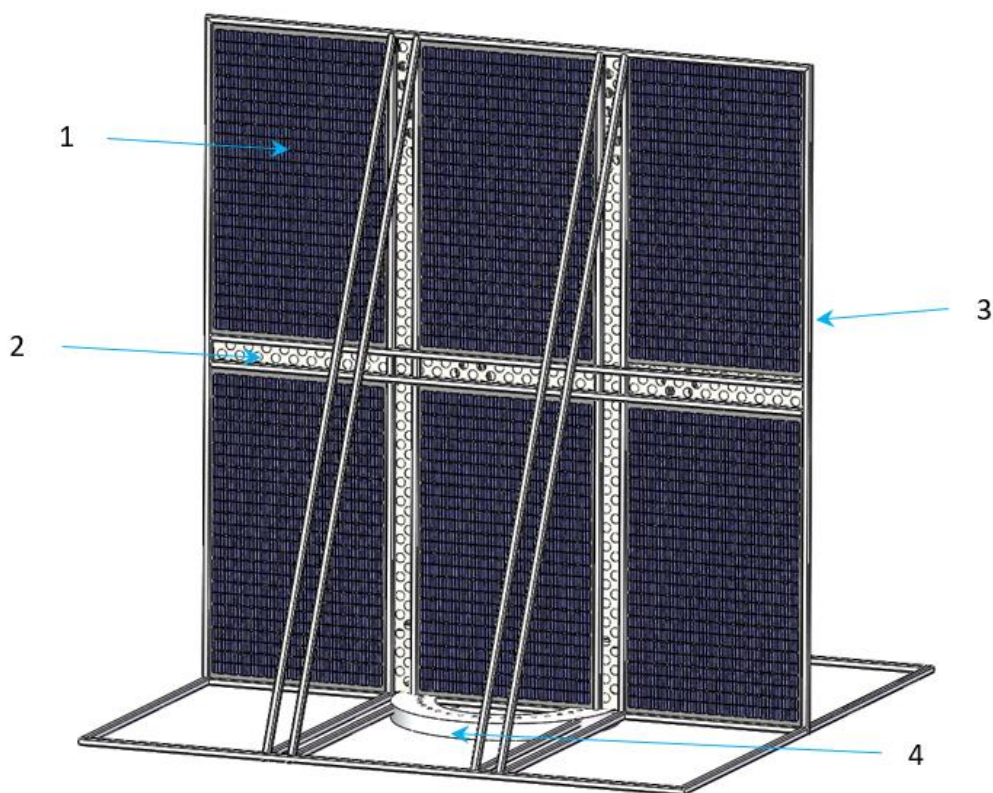


Рис.22 Сборка солнечного каркаса и солнечной панели в версии solidworks
1 солнечная панель, 2 фиксированных диафрагмы, 3 рамки из алюминиевого сплава, 4 фланец

2.2.6 Конструкция механизма подачи

Поскольку механизм шага не должен работать в течение длительного времени, вспомогательная платформа перемещается на 0,25 градуса каждый день, поэтому для

управления подъемом используется резьбовая шестерня, а шестерня приводится в действие входной мощностью двигателя. Нить самозаклинивается под действием силы тяжести. Расчетная модель выглядит следующим образом:

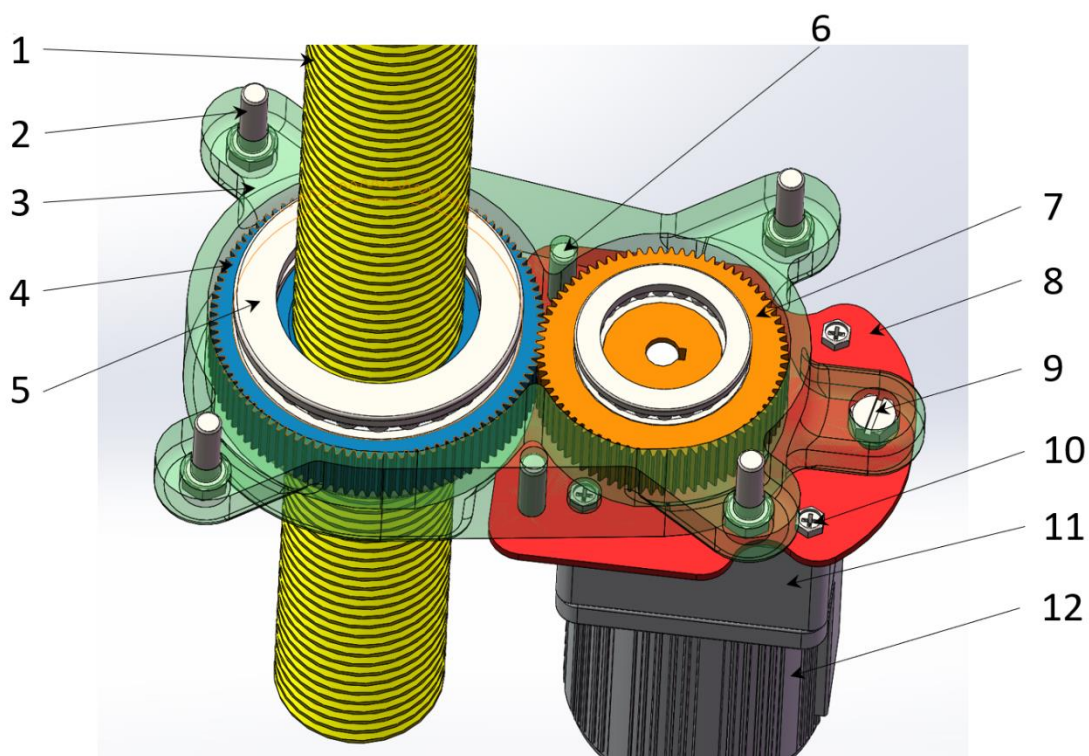


Рис.23 Построенная 3D-модель шагового механизма системы управления в solidworks
 1-Резьбовая шпилька, 2-Болты крепления коробки, 3-корпус, 4-наружная шестерня с внутренней резьбой, 5-подшипник, 6-болт для крепления кронштейна двигателя, 7-входная шестерня, 8-цилиндрический кронштейн, 9-болты крепления кронштейна двигателя, 10-неподвижные моторные болты, 11-моторный редуктор, 12-электродвигатель

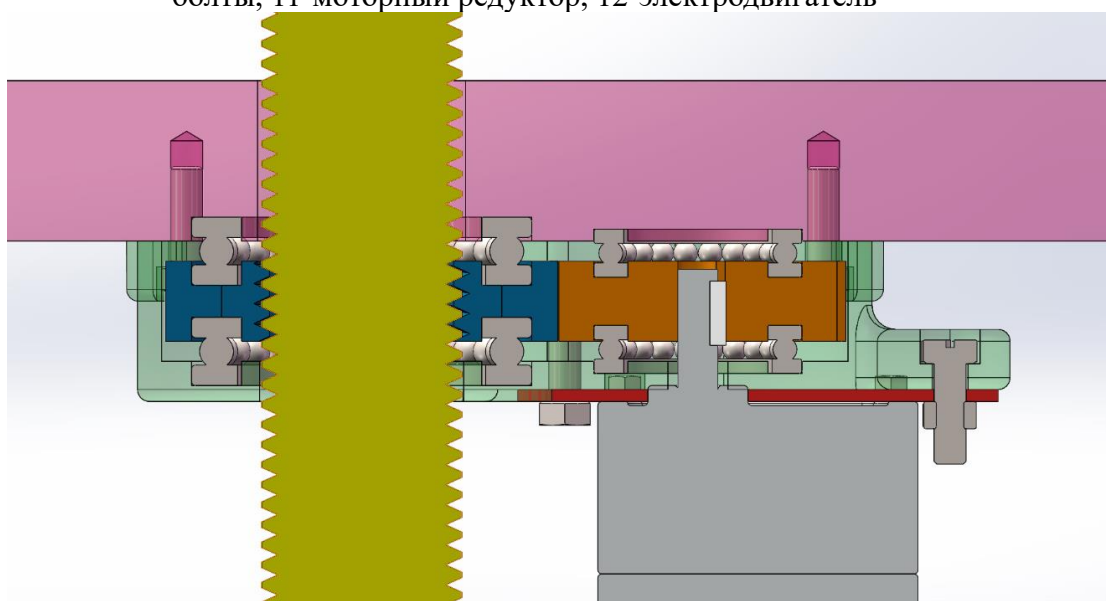


Рис.24 Вид в плане 3D-модели шагового механизма системы управления в SolidWorks

2.2.7 Конструкция устройства передачи энергии

Поскольку рама солнечной панели всегда будет указывать на солнце и вращаться по кругу каждый день, солнечная панель является устройством для сбора энергии, а также вырабатывает электрическую энергию. Электричество полагается на провода для вывода, но длительная намотка проводов может привести к повреждению, и обрыв не может работать должным образом. Поэтому под фланцем каркаса солнечной панели устанавливаются одинаковые катушки положительного и отрицательного полюсов, а на коробке платформы установлены две щетки положительного и отрицательного полюсов, которые выводятся на аккумуляторную батарею. Дизайн такой:

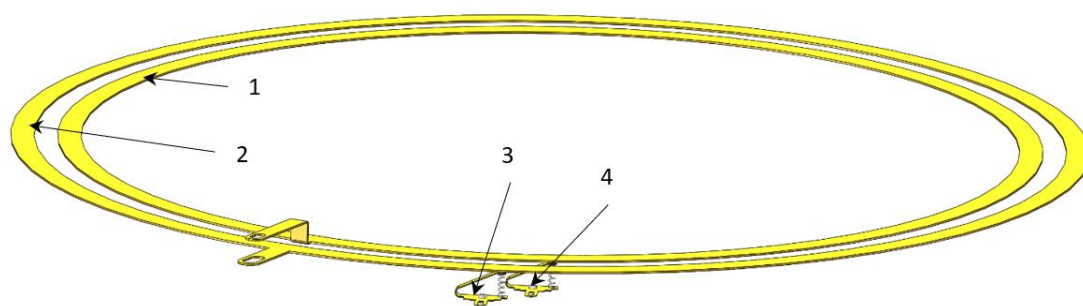


Рис.25 Трехмерная модель устройства передачи энергии (а) Катушка из медной проволоки и электрическая щетка

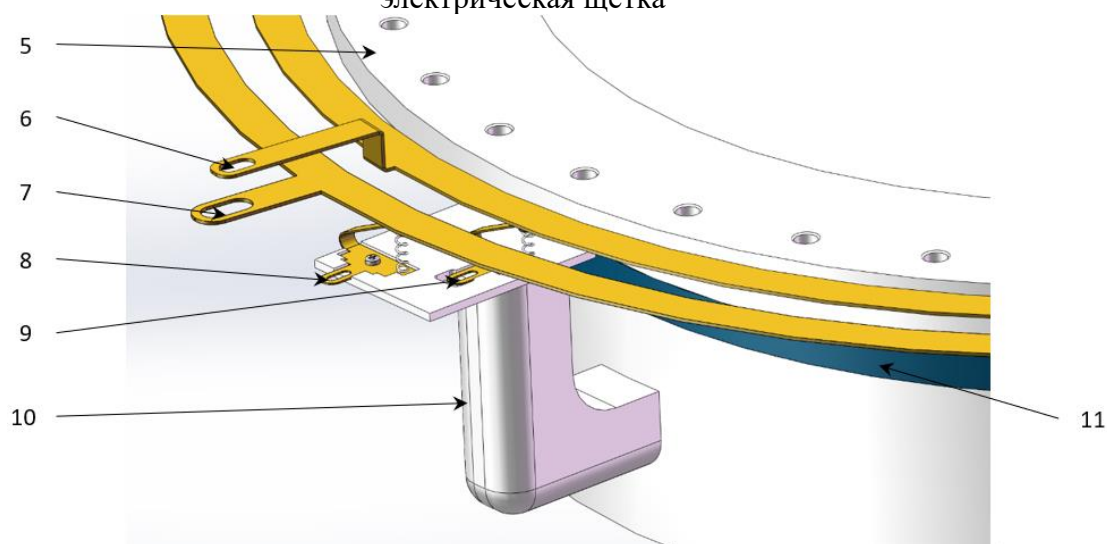


Рис.26 Трехмерная модель устройства передачи энергии (б) Неподвижный щеткодержатель

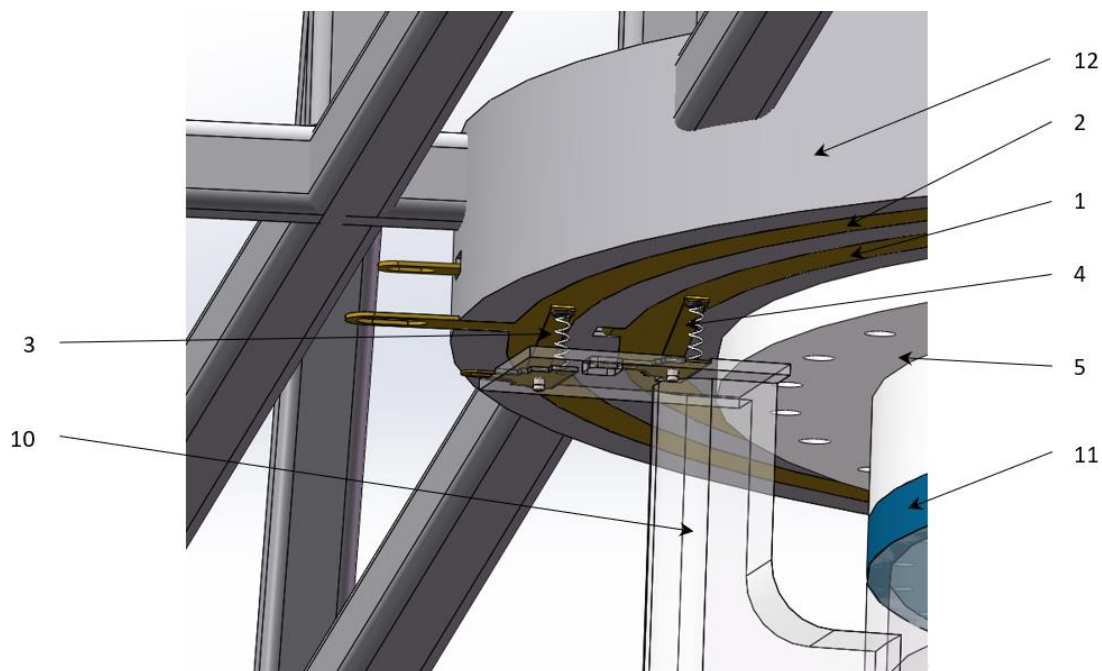


Рис.27 Трехмерная модель устройства передачи энергии (с) Катушка с медным проводником установлена на фланце.

1-положительная тороидальная та же катушка, 2-отрицательная тороидальная такая же катушка, 3-отрицательная щетка, 4-положительная щетка, 5-редукционный фланец, 6- положительный входной терминал солнечной панели, 7-отрицательный входной порт проводки платы солнечной батареи, 8-щеточный отрицательный выходной проводной порт,9- Щеточный порт проводки положительного выхода, 10- щеткодержатель корпуса редуктора, 11- выходной вал редуктора, 12- фланец рамы солнечной панели.

2.3 Проверка и расчет

2.3.1 Расчет беглости

Чтобы исключить помехи при проверке равномерности вращательного движения редуктора, изучается, имеет ли выходной вал редуктора стабильную выходную скорость, когда входной вал имеет стабильную входную скорость.

Поскольку это двухступенчатый редуктор, выходной вал первой ступени является входным валом второй ступени, поэтому сначала рассчитайте скорость и устойчивость редуктора первой ступени:

$$\varphi_1 = 360^\circ$$

$$\varphi_2 = \frac{360}{z_1} = \frac{360}{150} = 2.4^\circ$$

$$\varphi_3 = \frac{360}{z_1^2} = \frac{360}{150^2} = 0.016^\circ$$

Разделите φ_2 и φ_3 на 10 поровну, чтобы проверить и проверить стационарность.

Таблица 1. Оценка плавности хода зубчатого зацепления первой ступени волнового кинематического редуктора

φ_2 , град	φ_3 , град	Интерференция, мм ³
0.24	0.0016	0
0.48	0.0032	0
0.72	0.0048	0
0.96	0.0064	0
1.2	0.008	0
1.44	0.0096	0
1.68	0.0112	0
1.92	0.0128	0
2.16	0.0144	0
2.4	0.016	0

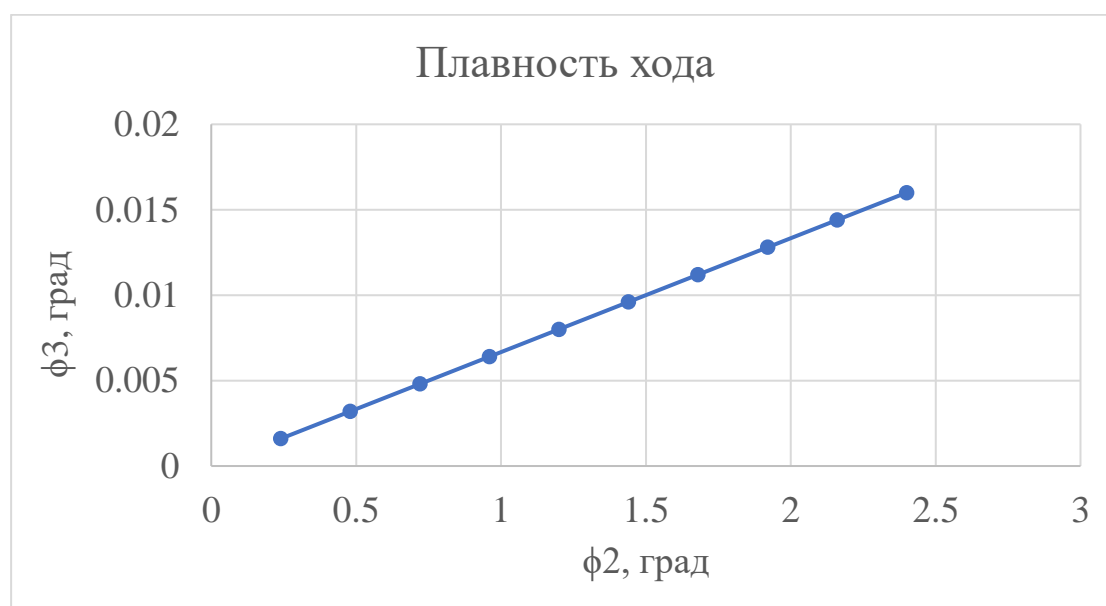


Рис. 28. Оценка стабильности работы коробки передач первой ступени.

Когда выходной вал первичного редуктора вращается один раз, скорость и устойчивость вторичного редуктора:

$$\varphi_4 = \frac{\varphi_2 * z_1}{z_2} = \frac{360}{160} = 2.25^\circ$$

$$\varphi_5 = \frac{\varphi_2 * z_1}{z_2^2} = \frac{360}{160^2} = 0.0140625^\circ$$

Таблица 2. Оценка плавности хода зубчатого зацепления первой ступени

волнового кинематического редуктора

φ_1 , град	φ_2 , град	Интерференция, ммЗ
0.225	0.01406	0
0.45	0.02813	0
0.675	0.04219	0
0.9	0.05625	0
1.125	0.07031	0
1.35	0.08438	0
1.575	0.09844	0
1.8	0.1125	0
2.025	0.12656	0
2.25	0.14063	0

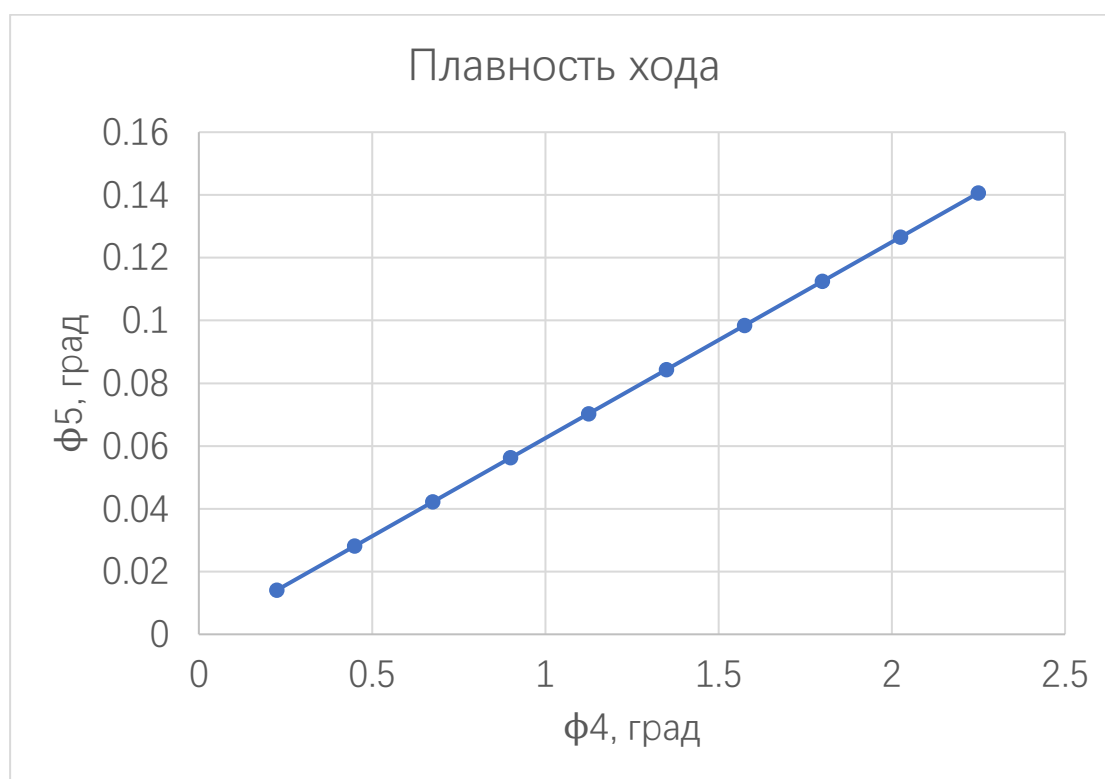


Рис. 29. Оценка стабильности работы коробки передач второй ступени.

Диаграммы 28 и 29 показывают, что первая и вторая ступени редуктора работают плавно. При вращении главного вала не будет никаких помех, и он может работать плавно.

2.3.2 Метод трения

Когда два объекта соприкасаются, должно быть трение при относительном движении, а также трение в передаточном устройстве в редукторе. В зоне контакта двух зубьев существует два вида трения: трение качения и трение скольжения.

При изучении трения, создаваемого передаточным устройством в редукторе, изменение расстояния между центром зуба шестерни и полостью зуба, будет наблюдаться в соответствии с φ_2 и φ_3 , когда входной вал вращается один раз. Используйте это расстояние для изучения трения.

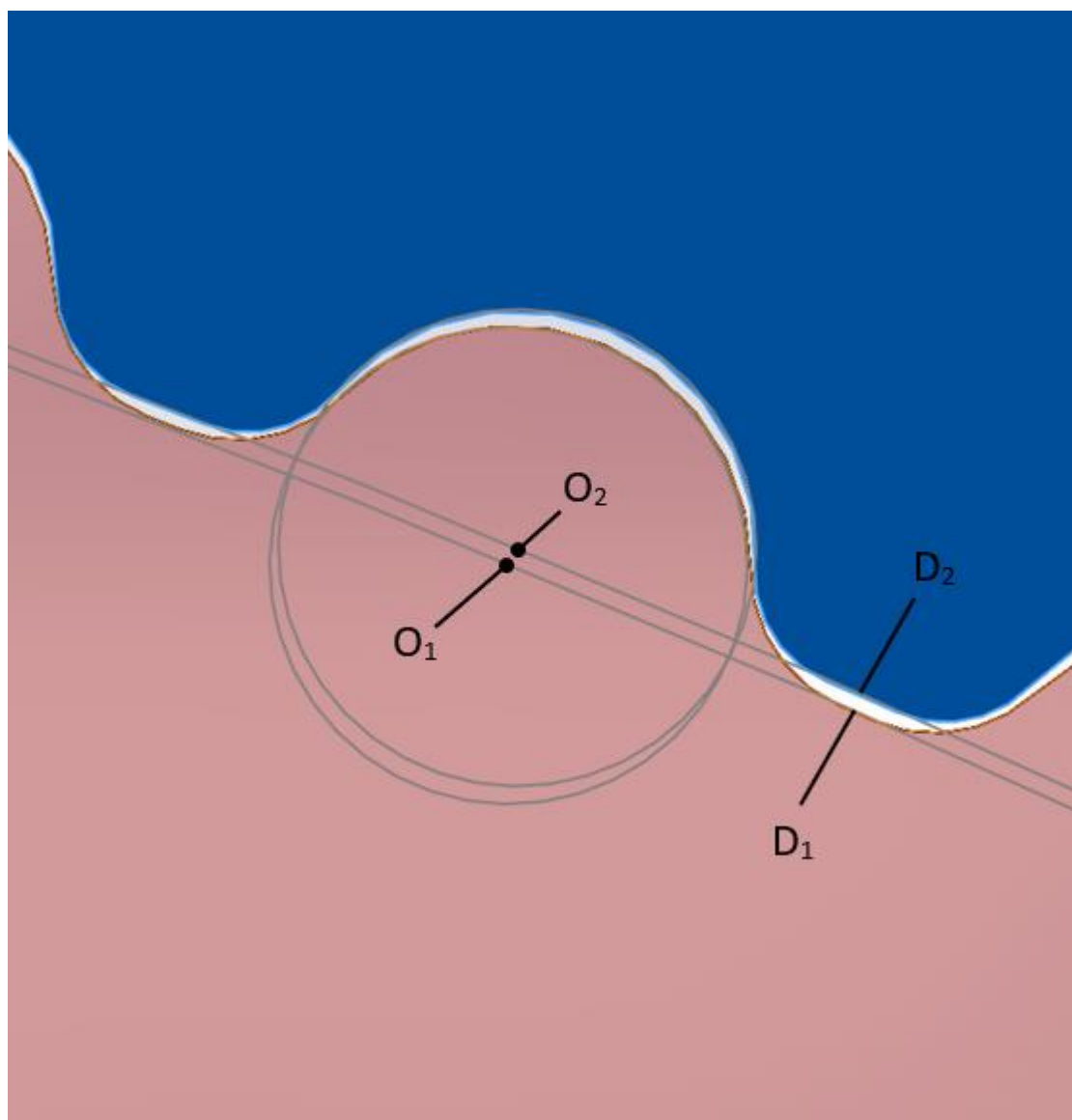


Рис. 30. Попытка оценки траектории трения скольжения

O1 – центр зуба шестерни;

O2 – центр зуба колеса;

D1 – делительный диаметр шестерни;

D2 – делительный диаметр колеса.

На рисунке показано расстояние пути трения. O1,O2 показывают расстояние шестерни и колеса при полном вращении эксцентрикового вала. Когда эксцентриковый вал вращается, угол φ_1 и φ_2 (без предварительной нагрузки) и $\Delta\varphi_2 + \varphi_2$ (с предварительной нагрузкой), как изменяется расстояние.

Таблица 3. Данные для оценки пути трения скольжения.

	φ_1 , град	φ_2 , град	O1O2, мм для «0» пары	O1O2, мм для «1» пары	$\Delta\varphi_2 + \varphi_2$, град	O1O2, мм для «0» пары	O1O2, мм для «1» пары
1	0	0	0	0.012	-0.001	0.00035	0.0013
2	0.24	0.0016	0.0001	0.011	0.0006	0.00035	0.0011
3	0.48	0.0032	0.0002	0.009	0.0038	0.00035	0.001
4	0.72	0.0048	0.0003	0.007	0.0086	0.00037	0.009
5	0.96	0.0064	0.0004	0.005	0.015	0.0004	0.008
6	1.2	0.008	0.0005	0.004	0.023	0.0005	0.007
7	1.44	0.0096	0.0006	0.003	0.0326	0.0006	0.005
8	1.68	0.0112	0.0007	0.002	0.0438	0.0007	0.003
9	1.92	0.0128	0.0009	0.001	0.0566	0.0008	0.001
10	2.16	0.0144	0.0011	0.001	0.071	0.0009	0.001
11	2.4	0.016	0.0012	0	0.087	0.001	0.001

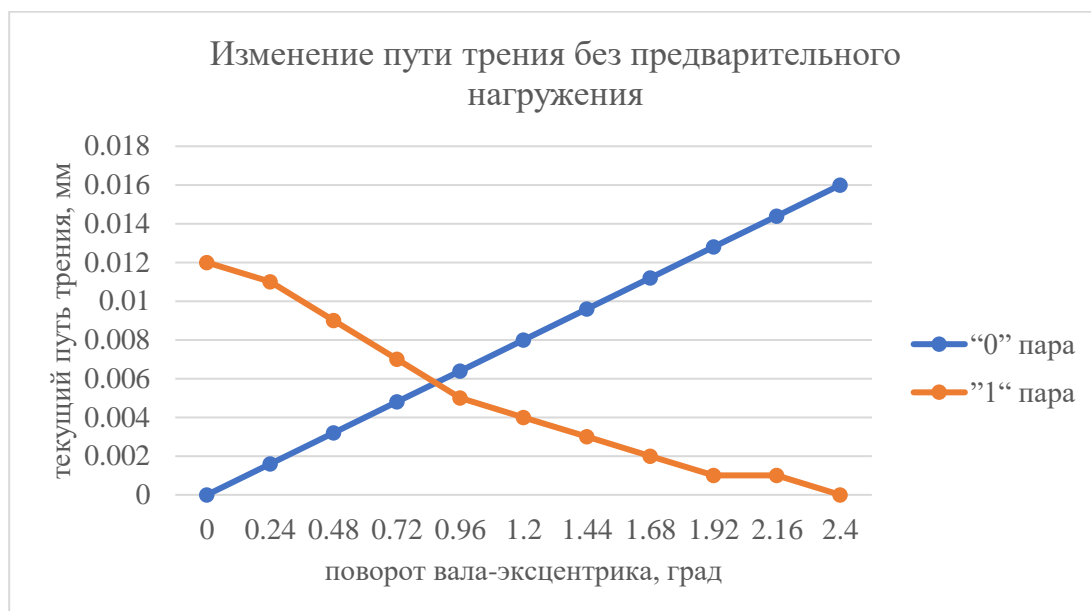


Рис. 31. Изменение пути трения за полный оборот вала-эксцентрика без предварительной нагрузки

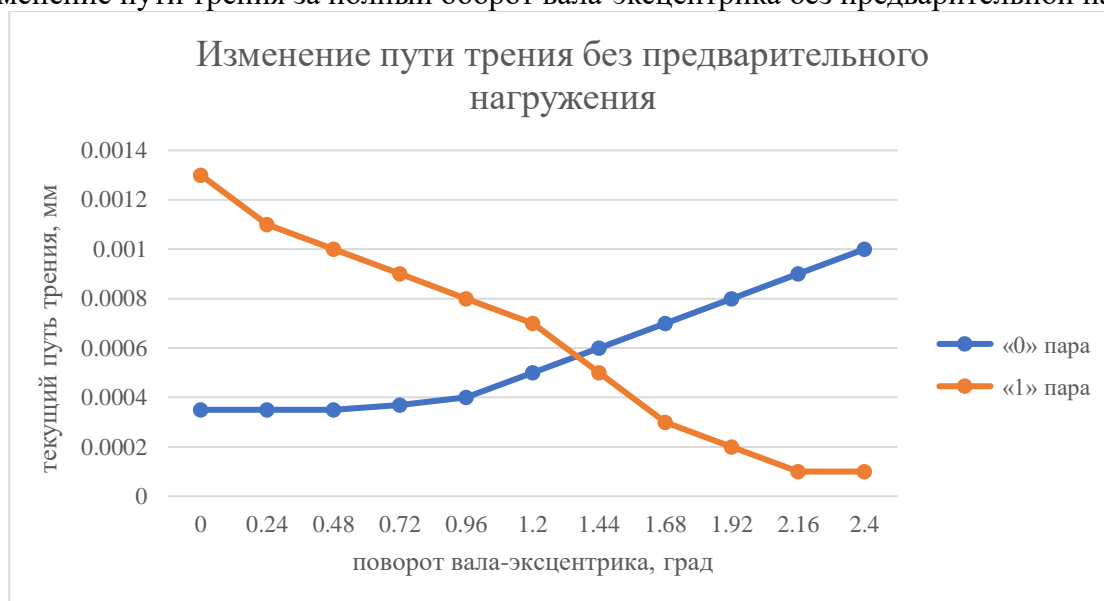


Рис. 32. Изменение пути трения за полный оборот вала-эксцентрика с предварительной нагрузкой
 На рисунках 31 и 32, и согласно данным таблицы 11 видно, что траектория трения одного зуба имеет очень малую величину и плавно изменяется. Два изображения почти одинаковы, показывая, что нагруженный зуб работает стабильно.

Рассчитаем полный путь трения.

$$\Sigma \text{ Путь трения скольжения} = O_1O_2 \cdot z_1$$

$$\Sigma \text{ Путь трения скольжения} = 0,012 \cdot 149 = 1,788 \text{ мм}$$

Используя уравнение 3 для расчета общего пути трения, мы находим, что путь трения составляет 1,788 мм, что почти равно эксцентриситету приводного вала (2 мм). На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что потери в редукторе

волнового движения во время работы невелики.

2.4 Исследование сопротивления ветра

2.4.1 Предпосылки исследования

При использовании солнечной энергии для выработки электроэнергии солнечные панели находятся на открытом воздухе и подвержены влиянию различных погодных условий, особенно в ветреном климате, что может привести к повреждению всего оборудования. Поэтому изучается влияние ветра на всю систему.

2.4.2 Теоретическое обоснование

Колебания во времени основных метеорологических факторов, таких как скорость ветра, давление, влажность и т.д., содержат составляющие от долей секунды и по меньшей мере до десятков тысячелетий. С точки зрения ветрового моделирования структуры солнечных панелей временной интервал от нескольких секунд до нескольких часов имеет практическое значение.

Микрометеорологические колебания скорости ветра с периодами от долей секунды до минут определяются мелкомасштабной турбулентностью. Ее энергетический спектр в приземном слое атмосферы имеет максимум в периоде, порядка 1 мин.

В мезометеорологическом временном интервале с периодами от минут до часов интенсивные колебания метеорологических элементов относительно редки. Это позволяет получить относительно устойчивые средние значения скорости ветра, температуры и т.д., используя осреднение по периодам 10-20 мин.

На рис. 1 представлено спектральное распределение горизонтальной скорости ветра, построенное Ван-дер-Ховеном по данным измерений на 125-метровой метеорологической башне в Брукхэйвене.[29-32]

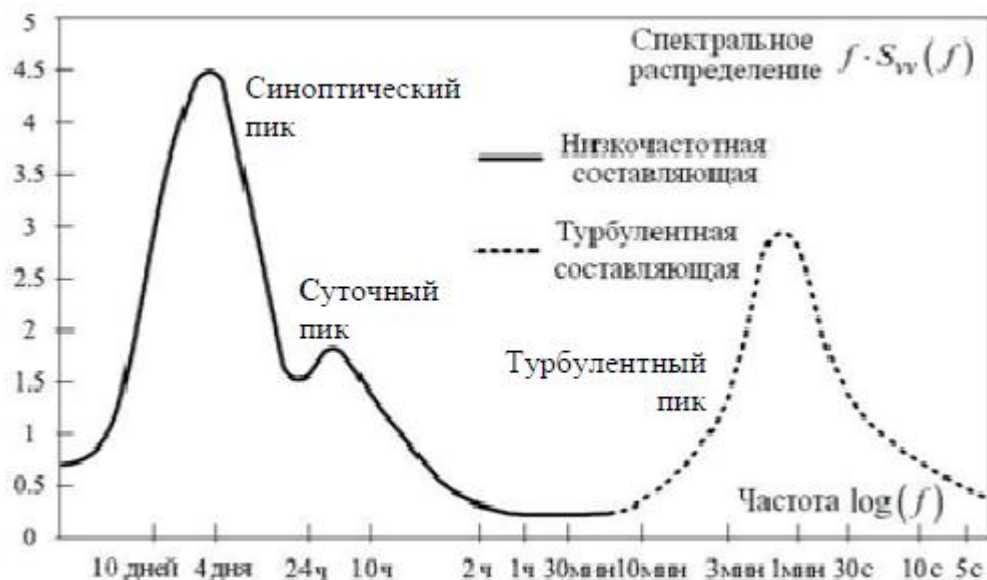


Рис. 33. Спектр горизонтальной скорости ветра

Из графика видно, что частота энергетического спектра синоптических и суточных колебаний скорости ветра существенно отличается от высокочастотных колебаний турбулентности, что позволяет использовать для их математического описания независимую временную дискретизацию с последующим наложением.

При принятых допущениях временная модель ветра может быть представлена в виде уравнения:

$$V(t) = V + v(t) \quad (1)$$

где V - средняя скорость ветра в 10-минутном временном интервале; $v(t)$ – динамическая или турбулентная составляющая скорости ветра.

Для статистического описания турбулентной составляющей скорости ветра в ветроэнергетике преимущественно используют эмпирические модели спектральной плотности $S(f)$, наиболее известными из которых являются функции Давенпорта, Кармана и Каймала[28]. Для моделирования динамической составляющей скорости ветра в настоящей работе использовалась спектральная модель Каймала, рекомендованная международным стандартом[31].

В соответствии с моделью нормальной турбулентности предполагается, что турбулентные флуктуации скорости ветра являются стационарным полем случайных векторов, составляющие которого имеют гауссово статистическое распределение с нулевым математическим ожиданием.

Спектральные плотности мощности составляющих в нормализованном виде для

модели Каймала описываются уравнением:

$$\frac{f * S(f)}{\sigma^2} = \frac{4 * f * L / \bar{V}}{(1 + 6 * f * L / \bar{V})^{\frac{5}{3}}} \quad (2)$$

где f - частота, Гц; $S(f)$ - односторонний спектр продольной составляющей вектора скорости; σ - среднеквадратичное отклонение продольной составляющей вектора скорости; L - интегральный масштабный параметр турбулентности.

Спектральное разложение изображает стационарную случайную функцию разложенной на гармонические колебания различных частот $f_1, f_2, .. f_k, ..$, при этом амплитуды гармоник являются случайными величинами.

Согласно теореме Фурье любую функцию с периодом p можно представить в виде ряда:

$$f(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k * \cos(\omega_k * t + \varphi_k) \quad (3)$$

где A_k - амплитуда k -го гармонического колебания; ω_k - круговая частота гармонического колебания; φ_k - начальная фаза k -го колебания; A_0 – свободный член, представляющий собой математическое ожидание функции на интервале p .

С другой стороны, дисперсия стационарной случайной функции равна сумме дисперсий всех гармоник ее спектрального разложения:

$$D = \sigma^2 = \int_0^{\infty} S(f) * df = \sum_{k=0}^{\infty} D_k = \sum_{k=0}^{\infty} S(f_k) * \Delta f \quad (4)$$

Если использовать один и тот же набор частот для спектрального разложения функции и ряда Фурье, то из (3)-(4) следует, что амплитуда k -го гармонического колебания ряда Фурье будет равна среднеквадратическому отклонению соответствующей гармоники спектра:

$$A_k = \sqrt{D_k} = \sqrt{S(f_k) * \Delta f} \quad (5)$$

где Δf – расстояние между соседними частотами.

Выполнив несложные преобразования и перейдя к конечному числу частот N , получим уравнение для продольной составляющей скорости ветра, определенной на временном интервале T :

$$V(t) = \bar{V} + \sum_{k=1}^N A_k * \cos(\omega_k t + \varphi_k) \quad (6)$$

где V - скорость ветра, осредненная на 10-минутном временном интервале.

В выражении (6) время моделирования T соответствует полупериоду основной

гармоники: $T = p$, соответственно число N определяет частоту дискретизации временного сигнала:

$$\Delta t = \frac{T}{N}; \Delta \omega = \frac{\pi}{T}; \Delta f = \frac{1}{2 * T}; t = k * \Delta t \quad k = 1 \dots N \quad f_k = \frac{k}{2 * T} \quad (7)$$

Выражения (2)-(6) позволяют построить имитационную временную модель продольной составляющей скорости ветра, если известны спектральные параметры турбулентности.

Величина спектральной плотности для соответствующей частоты f_k определяется из уравнения (2), а фазовый угол φ_k представляет собой случайное число в диапазоне от 0 до 2π .

Спектральные параметры турбулентности для модели Каймала определяются в соответствии с требованиями, заданными в [31], согласно которым все ветроэнергетические установки по интенсивности турбулентности подразделяются на три подкласса А, В, С, каждый из которых характеризуется своим ожидаемым значением интенсивности турбулентности воздушного потока на высоте оси ветроколеса I_{ref} .

Класс А соответствует ВЭУ с повышенной турбулентностью ($I_{ref} = 0.16$) и принимается для урбанизированной местности, в которой шероховатость земной поверхности составляет $z_0 > 0.3$ [30]. Класс В соответствует более открытой местности ($0.1 < z_0 < 0.3$), и интенсивность турбулентности для него принимается равной $I_{ref} = 0.14$. Класс С характеризуется открытой местностью ($z_0 < 0.1$) с интенсивностью турбулентности $I_{ref} = 0.12$.

Среднеквадратическое отклонение продольной составляющей скорости ветра на высоте оси ветроколеса для 90% квантиля и стандартных выражением:

$$\sigma = I_{ref} * (0.75 * \bar{V}_{hnb} + b), b = 5.6 \text{ М/с} \quad (8)$$

где V_{hub} - средняя скорость ветра на оси вращения ветроколеса.

Продольный масштабный параметр турбулентности воздушного потока L на высоте оси ветроколеса Z выражается зависимостью:

$$L = \begin{cases} 0.7 * Z & Z \leq 60 \text{ М} \\ 42 \text{ М} & Z > 60 \text{ М} \end{cases} \quad (9)$$

Для вычисления интегрального масштабного параметра продольной

составляющей вектора скорости L используется выражение:

$$L = 8.1 * \Lambda \quad (10)$$

Исходными данными для расчета параметров турбулентности, который определяется местом ее размещения, высота оси вращения ветроколеса Z и средняя скорость ветра для данного временного интервала моделирования \bar{V}_{hub} .

2.4.3 Практическая реализация

Программная реализация представленной выше модели осуществляется в два этапа. На первом этапе рассчитываются значения амплитуд A_k и фазовых углов φ_k соответствующих гармоник моделируемого сигнала, а на втором этапе осуществляется его синтез.

Для выполнения вычислений необходимо создать два числовых массива данных: один размерностью $M1[m, N]$, второй $M2[N, Nt]$.

Параметр m в массиве $M1$ определяется количеством рассчитываемых переменных: $f_k, S(f_k), A_k$ и т.п. Величина N определяет число гармонических колебаний, которые учитываются при разложении функции. При малой величине N получим невысокую точность расчета, большая величина N требует дополнительных ресурсов. Для решаемого класса задач вполне приемлемым представляется выбор числа учтенных гармоник, порядка $N = 100$.

Параметр Nt соответствует заданному числу расчетных точек процесса, используемых для вывода. Важно отметить, что синхронизация частот, принятая при разработке модели, требует выполнения определенных соотношений между N и Nt .

Например, целью моделирования является имитация продольной составляющей скорости ветра на временном интервале $T_{\text{мод}} = 100$ с. с дискретизацией $\Delta t_{\text{зад}} = 1$ с. Если непосредственно принять $T = 100$ с., то при $N = 100$ по выражениям (7) получим $\Delta t = 1$ с., что намного превышает желаемый интервал дискретизации.

Для данного примера необходимо определить период разложения, как $T = \Delta t_{\text{зад}} \cdot N$, после чего рассчитать параметр c , который определяет размерность выходного массива $Nt = c \cdot N$ и число циклов расчета, которые необходимо выполнить для его полного заполнения:

$$c = \frac{T_{\text{мод}}}{T} \quad (11)$$

Нормированная спектральная плотность по Каймалу, определяемая по выражению (2), представлена в графическом виде на рис. 2.

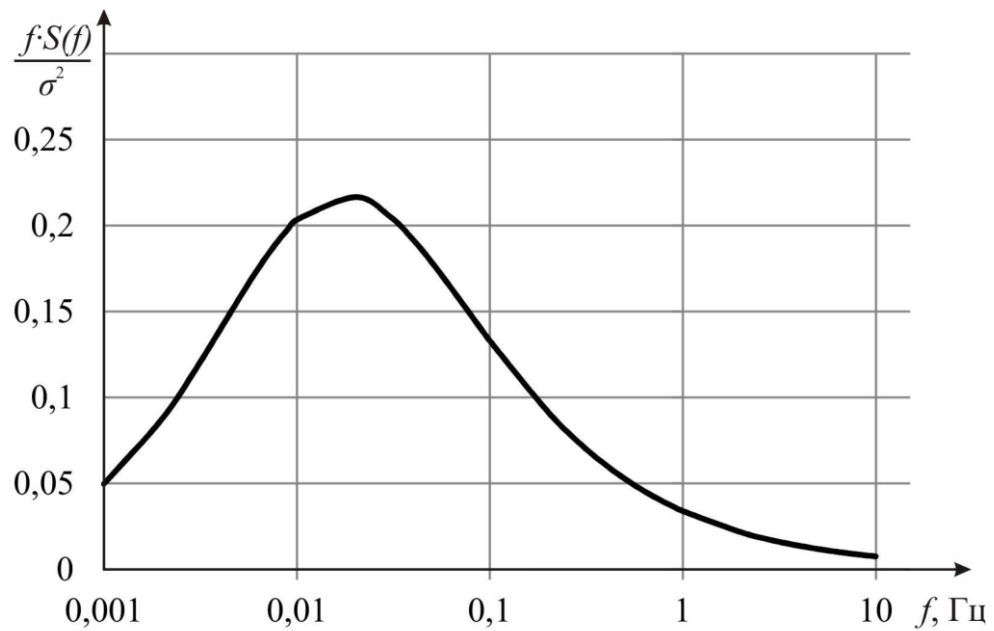


Рис.34. Спектральная плотность по Каймалу

На рис. 3 приведен пример моделирования продольной составляющей скорости ветра по разработанной методике.

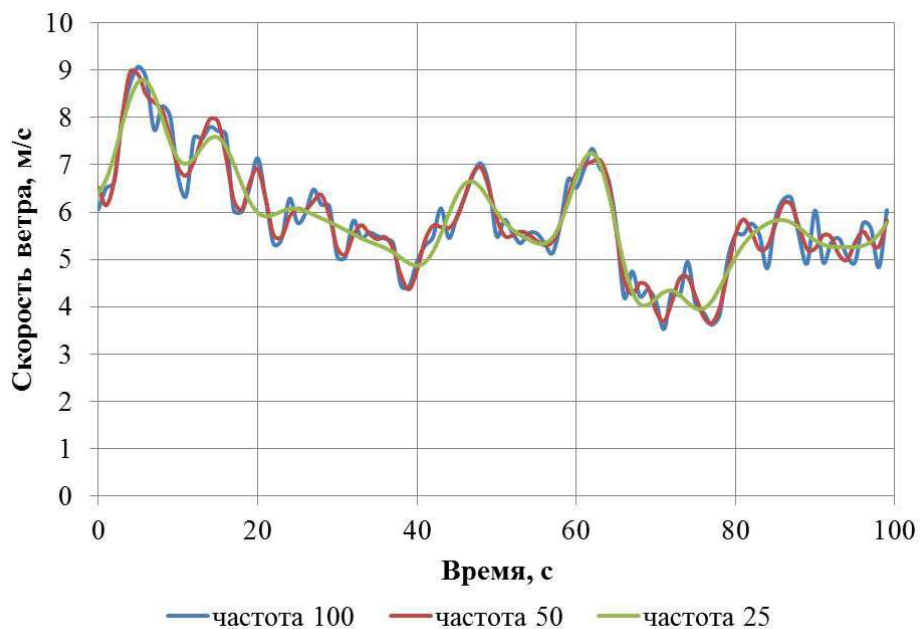


Рис. 35. Результаты моделирования

2.5 Математическое моделирование

Для тела массой m

Уравнение баланса сил:

$$F_{ext} = F_h + F_m - F_c$$

Сила упругости пружины с неподвижной опорой:

$$F_c = c * x;$$

c - жесткость пружины;

x - относительное удлинение пружины;

Сила инерции:

$$F_m = m * a$$

a - ускорение тела;

m - масса тела ;

Сила трения:

$$F_h = h * V$$

h - коэффициент трения

V - скорость движения тела;

$$\begin{aligned} F_{ext} &= F_h + F_m - F_c \\ F_{ext} &= hv + ma - cx \\ a &= \frac{F_{ext} - hv + cx}{m} \end{aligned}$$
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = v \\ \frac{dv}{dt} = \frac{F_{ext} - hv + cx}{m} \end{array} \right.$$

Исследование влияния сопротивления ветра на солнечные панели и опоры.

На работу солнечных панелей влияют природные условия, особенно ветер. Ветер может повредить структуру опоры солнечной панели, поэтому исследование влияния ветра на конструкцию является актуальной задачей.

Тропическая депрессия: 6-7 уровень (10.8-17.1 м/с)

Тропический шторм: 8-9 уровень (17.2-24.4 м/с)

Сильный тропический шторм: 10-11 уровень (24.5-32.6 м/с)

Тайфун: 12-13 уровень (32.7-41.4 м/с)

Сильный тайфун: 14-15 уровень (41.5-50.9 м/с)

Супер тайфун: 16-17 уровень (более 51.0 м/с)[1]

Берем скорость ветра 13-го тайфуна.

Давление ветра – это давление ветра на плоскость, перпендикулярное направлению воздушного потока. В соответствии с уравнением Бернулли, получается зависимость давления ветра от давления. Динамическое давление ветра составляет:

$$w_p = 0.5 * r_0 * v^2 \quad (1)$$

где, w_p – давление ветра, кН / м, r_0 – плотность воздуха, кг / м³, а v – скорость ветра, м / с.

Поскольку соотношение между плотностью воздуха (r_0) и гравитацией (r) есть $r = r_0 * g$, существует $r_0 = r / g$, используя это соотношение в (1), чтобы получить:

$$w_p = 0.5 * r * v^2 / g \quad (2)$$

Данная формула является стандартной формулой давления ветра: при стандартных условиях (давление воздуха 1013 гПа, температура 15 ° С) вес воздуха $r = 0,01225$ кН / м³. При ускорении свободного падения $g = 9,8$ м / с получаем:

$$w_p = v^2 / 1600 \quad (3)$$

Эта формула является общей формулой для оценки давления ветра, в зависимости от скорости ветра. Следует отметить, что сила тяжести в воздухе и ускорение свободного падения меняются в зависимости от широты и высоты. Таким образом, на плато отношение r / g меньше, чем на равнинах. Иными словами, при одинаковой скорости ветра и одинаковой температуре возникает ветер. На плато он меньше, чем на равнине.

$$w_p = v^2 / 1600$$

$$w_p = 41.42 / 1600$$

$$w_p = 1.07640625 \text{ кН / м}^2$$

Где скорость – это первая производная от перемещения;

А ускорение – это первая производная по скорости;

Подбираем статические параметры:

Согласно трехмерному моделированию, плотность материала, заданная для каждой детали, получает качество:

1. Материал перфорированной металлической пластины - алюминиевый сплав 6063-T6, который имеет отличные характеристики обработки, отличные сварочные характеристики и гальваническое покрытие, хорошую коррозионную стойкость, высокую прочность и отсутствие деформации после обработки, компактный материал без дефектов, легко полируется и покрывается. Отличные характеристики, такие как легкая цветная пленка и отличный эффект окисления; масса: 57.337 кг.

2. Спецификация квадратной трубы представляет собой раму, изготовленную из 40 * 40 * 4. Его материал - алюминиевый сплав 6063-T6. Он имеет отличные характеристики обработки, отличные характеристики сварки и гальваники, хорошую коррозионную стойкость, высокую прочность, не деформируется, плотный материал, без дефектов, легкая полировка, отличные характеристики покрытия. Такие как светлая пленка, хороший эффект окисления; масса 139.047 кг.

3. Солнечная фотоэлектрическая панель представляет собой сборный компонент из нескольких материалов, состоящий из электронных компонентов из монокристаллического кремния, проводов, пленки и стеклянных панелей. Выбранная фотоэлектрическая панель имеет мощность 300 Вт, размер 1650 x 992 x 40 мм, а качество готовой продукции составляет 19.577 кг. Кол. Акций 6. Общая масса 117.462 кг.

$$57.337 + 139.047 + 117.462 = 313.846 \text{ кг}$$

2.5.1 Программы Подбор параметров

Возьмем массы тел $m=313.846 \text{ кг}$. Согласно установленной трехмерной графике, конечно-элементный анализ модели дает общий коэффициент упругости $c = 68900000 \text{ Н/м}$.

Тогда по формуле жесткости пружины:

$$f_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} / 2\pi$$

Тогда

$$f_0 = \sqrt{\frac{68900000}{313.846}} / 2\pi$$

$$f_0 = 74.57125 \text{Гц}$$

Максимальный коэффициент упругости 6890000Н/м, поэтому частота должна быть меньше 74.57125Гц, $f_0 = 70 \text{Гц}$.

Коэффициенты демпфирования принимаем $h = 100000 \text{ Н*с/м}$.

Поскольку сила упругости в этом механизме создается за счет деформации деталей, она не будет бесконечной, и существует предел текучести. Согласно анализу методом, конечных элементов в модели максимальное напряжение составляет 211022.4 Н / м².

Это значение намного меньше, чем предел текучести самой системы, который составляет 50000000 Н / м² .Таким образом, вся система не повреждена и может работать в исправном состоянии.

2.5.2 Графическая модель конструкции в среде Simulink

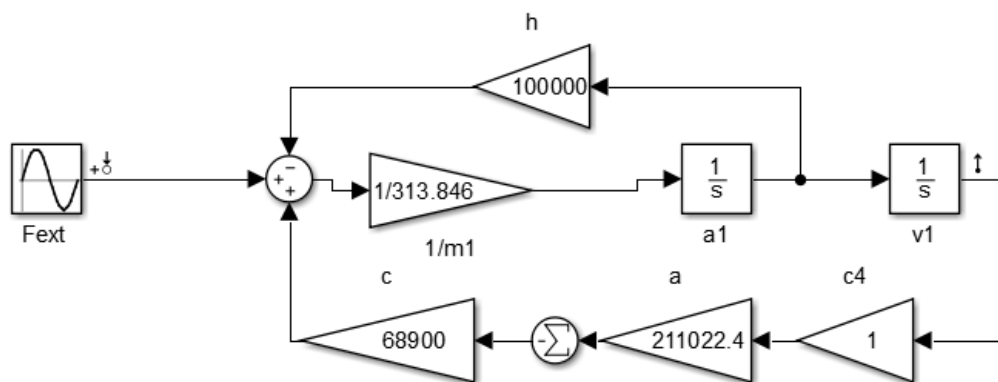


Рис. 36. Графическая модель конструкции в среде Simulink

После построения схемы отметим на ней входные и выходные характеристики.

Используя панель инструментов, мы получаем график перемещения и скорости объекта. Используя модуль удержания нулевого порядка и спектр-анализа, мы можем получить спектр системы. Используя диаграммы Боде, диаграммы линейных переходных характеристик, диаграммы усиления и запаса по фазе, мы получим диаграмму амплитудно-фазовых частотных характеристик системы.

2.5.3 Выводы, полученные после математического моделирования

Исходя из полученных результатов можно отметить:

– на первом графике видно, что колебание затухает, а процесс перехода занимает около 0.035 с.

– импульсная характеристика отвечает за установление функции преобразования импульса. Из этого рисунка очевидно, что переходный процесс занимает примерно 0.035 с. Это означает, что система устойчива, потому что функция перехода будет затухать. Важно отслеживать собственные частоты системы, чтобы тела не находились в резонансе.

Функция Боде показывает построение логарифмических частотных характеристик. Из графика видно, что система устойчива, потому что -180°ЛАН (логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика) отрицательна при достижении фазовой характеристики.

Диаграмма Найквиста показывает установление частотной траектории Найквиста. Согласно этой диаграмме, можно оценить усилитель по основным критериям устойчивости.

Таким образом, согласно анализу данных, даже если опора солнечной фотоэлектрической панели подвергается воздействию экстремальных погодных условий, если это тайфун с 13 уровнями, скорость ветра изменяется с частотой 70 Гц, а фотоэлектрические панели полностью перпендикулярны направлению ветра. Смещение всей системы очень мало, а вибрация затухает в течение 0,035 секунды.

Система выдерживает экстремальные погодные условия и является устойчивой.

Вывод по главе:

1. Завершите модульную конструкцию системы слежения за солнечной панелью. При использовании двухосного привода одна ось отвечает за суточное вращение, а вторая ось отвечает за регулировку угла наклона солнечной панели, что может значительно снизить потребление энергии и увеличить производственную мощность.

2. Согласно литературным и имеющимся данным, выбор редуктора был завершен, и существующий редуктор был оптимизирован, подшипник был заменен, стоимость была снижена, и было принято радиальное двухступенчатое распределение редуктора для уменьшения объема редуктор и производственные затраты.

3. Зубья редуктора рассчитаны на соответствие проектным требованиям и выдерживают нормальный рабочий крутящий момент.

4. Разработано устройство регулирования шага системы, причем регулировка шага завершена зубчато-винтовой передачей.

5. Поскольку солнечные панели вращаются каждый день, провода будут повреждены, если они будут вращаться в течение длительного времени, поэтому устройство передачи энергии спроектировано с учетом потребностей хранилища передач.

6. Используя математическое моделирование для анализа ветроустойчивости каркаса системы, система может выдержать 13 штормов.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Ли Баочэн

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта – не более 300000 руб.</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 0,5 баллов из 1.</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %. (НК РФ)</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Потенциальные потребители результатов исследования. Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ. Оценка готовности проекта к коммерциализации</i>

<i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.</i>
<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение финансового и научно - технического эффекта</i>
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	
<i>«Портрет» потребителя результатов НИИ Сегментирование рынка Оценка конкурентоспособности технических решений Матрица SWOT График проведения и бюджет НИИ Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Ли Баочэн		

3. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Объектом экономического исследования является виртуальная модель двухступенчатого волнового кинематического редуктора с радиально-осевым расположением ступеней. Использование такого редуктора позволяет получать большее передаточное отношение и КПД на выходе, чем использование редуктора с эвольвентным зубчатым зацеплением.

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок: Нефтегазодобывающие компании, экспедиции.

Таблица 4. Карта сегментирования рынка

		Вид оборудования	
		Циклоидные редукторы (TwinSpin, Nabtesco)	Волновой кинематический редуктор
Размер компании	Крупные	+	
	Средние	+	

По карте сегментирования (таблица 4) видно, что продукция фирм- конкурентов занимает основную нишу на рынке, но разработка и производство редукторов с лучшими техническими характеристиками и меньшей стоимостью может вывести на рынок новое изделие, которое составит конкуренцию уже имеющимся производителям.

3.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В настоящее время можно выделить 2 фирмы-производителя редукторов, которые занимаются производством похожих изделий. Это TwinSpin (Словакия) и Nabtesco (Япония).

TwinSpin (Словакия)

SPINEA – современная словацкая машиностроительная компания, занимающаяся разработкой, производством и реализацией прецизионных редукторов, продающихся под торговой маркой TwinSpin. Компания основана в 1994 году, стимулом для ее создания послужило изобретение словацкого конструктора. Редукторы TwinSpin производятся серийно на основании международного патента. Прецизионный редуктор TwinSpin принадлежит к категории высокотехнологичных товаров и представляет уникальное техническое решение, соединяющее радиально-осевой подшипник с прецизионной передачей в едином компактном изделии.

Продукты компании предназначены для машин, в которых требуется высокое понижающее число, высокая кинематическая точность, безлюфтовый ход, высокий крутящий момент, высокая жесткость, компактная конструкция в ограниченном монтажном пространстве, а также небольшой вес.

Область применения продукции

Прецизионные редукторы применяются во многих отраслях промышленности: робототехника, автоматизация и робототехника обслуживания, навигационная и предохранительная техника, медтехника, станки, текстильное оборудование, упаковочные машины и проч.

Nabtesco (Япония)

Nabtesco является крупнейшим производителем циклоидных прецизионных редукторов и осуществляет поставки $\approx 60\%$ всех крупных производителей роботов. Редукторы Nabtesco можно использовать в любой из отраслей народного хозяйства, там, где от привода требуется высокая точность и безупречная работа при высоких нагрузках.

Область применения продукции

Продукция Nabtesco широко применяется в робототехнике, станкостроении, упаковочных машинах, медицинской техники, транспорте грузов, механизмах точного позиционирования, приводах антенн, деревообрабатывающем оборудовании и др.

3.2.1 Технические характеристики

Редукторы компании Nabtesco выпускаются со следующими техническими характеристиками (табл. 5).

Таблица 5. Технические данные для редукторов Nabtesco серии RD-E

Типоразмер	Номинальное передаточное отношение		Номинальный крутящий момент (Нм)	Допускаемый крутящий момент (Нм)		Максимальная скорость (об/мин)	Потери на упругую деформацию – гистерезис (угловые минуты)	Торсионная жесткость (Нм/угловую минуту)	Данные подшипника выходного вала		
				Ускорения / замедления	Экстренного торможения				Изгибная нагрузка (Нм/угловую минуту)	Допускаемый опрокидывающий момент (Нм)	Осевая нагрузка (Н)
6E	31	79	58	117	294	100	<1,5	20	118	196	1.470
	43	103									
	53,5	–									
20E	41	105	167	412	833	75	<1,0	49	372	882	3.920
	57	161									
	81	–									
40E	41	101	412	1.029	2.058	70	<1,0	108	931	1.666	5.194
	57	153									
	81	–									
80E	41	101	784	1.960	3.920	70	<1,0	196	1.176	2.156	7.840
	57	153									
	81	–									
160E	66	145	1.568	3.920	7.840	45	<1,0	392	2.940	3.920	14.700
	81	171									
	101	–									
320E	66	141	3.136	7.840	15.680	35	<1,0	980	4.900	7.056	19.600
	81	185									
	101	–									

Редукторы этой серии используются в механизмах поворота солнечных батарей, станкостроении, точном позиционировании и проч. Имеет высокую точность (люфт менее 1 угловой минуты), низкий уровень вибрации малый износ, высокий КПД.

Технические характеристики редукторов TwinSpin рассмотрим на примере редукторов серии T (табл.6).

Size Величина	Reduction ratio Передаточное отношение	Rated output torque Номинальный выходной крутящий момент	Acceleration and braking torque Крутящий момент при пуске и торможении	Rated input speed Номинальные входные обороты	Cycle effective speed 5) Эффективные обороты цикла 5)	Maximum allowable input speed 10) Максимальные допустимые обороты 10)	Tilting stiffness 1)6) Опрокидывающая жесткость 1)6)	Torsional stiffness 1)7) ТК (рутильная жесткость 1)7)	Average no-load starting torque 9) Средний момент при пуске 9)	Average back driving torque 9) Средний возвратный момент 9)	
	i	T _R [Nm]	T _{max} [Nm]	n _R [rpm]	n _{ef} [rpm]	n _{max} [rpm]	M _t [Nm/arcmin]	k _t [Nm/arcmin]	[Nm]	[Nm]	
TS 60	35	37	74	2 000	3 000	4 000	27	3,5	0,08	3,8	
	47					5 000			0,08	6	
	73					5 500			0,05	7	
TS 70	57	50	100	2 000	2 500	5 000	35	7	0,10	7	
	87				3 000	5 500			0,05	9	
TS 80	37	78	156	2 000	3 000	4 000	62	9	0,22	11	
	63					5 000			0,12	14	
	97								0,08	15	
TS 110	33	122	244	2 000	2 000	3 500	150	22	0,24	11	
	89				2 500	4 500			0,13	18	
	119								0,10	23	
	135								0,07	33	
TS 140	33	268	670	2 000	2 000	3 000	340	54	0,44	19	
	57					3 200			0,36	26	
	87								0,28	36	
	115					2 500			4 500	0,22	58
	139									0,15	70
	175									0,12	75
TS 170	33	495	1 237	2 000	1 500	3 000	705	102	0,74	41	
	59				2 000	3 500			0,68	59	
	83					3 500			0,62	80	
	105					2 500			4 000	0,56	95
	141								4 000	0,30	118
TS 200	63	890	2 225	2 000	1 500	3 500	1 070	178	0,98	59	
	83					4 000			0,92	77	
	125					4 000			0,81	117	
	169					2 200			4 500	0,49	156
TS 240	37	1 620	4 050	1 500	1 000	2 000	1 800	340	1,62	68	
	59					1 200			2 500	1,45	95
	87								3 000	1,28	156
	121					1 500			3 500	1,13	167
	153								3 700	1,07	226
TS 300	63	2 940	7 350	1 500	1 100	2 500	3 500	680	1,68	117	
	95					1 300			3 000	1,52	171
	125					1 400			3 200	1,28	201
	191					1 500			3 500	1,18	222

Таблица 6. Технические характеристики редукторов TwinSpin серии T.

3.2.2. Технические характеристики проектируемого редуктора

В данной работе проектируются двухступенчатые кинематические волновые редукторы с радиальным и радиально-осевым расположением ступеней. Волновой редуктор служит для преобразования вращательного движения на входе в поступательное или вращательное движение на выходе.

Такой редуктор планируется использовать для очень точного позиционирования солнечных панелей относительно движения солнца. Это необходимо для получения максимального объема солнечной энергии в регионах с невысокой солнечной активностью (север).

В таблице 7 приведены технические требования, которые необходимо реализовать в проектируемом редукторе.

Таблица 7. Технические характеристики проектируемого редуктора.

№ п.п.	Характеристика	Исполнение
		-02
1	Максимальный крутящий момент, Нм, не менее	1000
2	Статический крутящий момент, Нм, не менее	2000
3	Номинальный крутящий момент, Нм, не менее	250
4	Диапазон регулирования частоты вращения, об/мин	от 0 до 5
5	Номинальная частота вращения выходного вала, об/мин	5
6	Передаточное отношение редуктора	600
7	КПД редуктора, %, не менее	80
8	Угловой люфт редуктора, угловых минут, не более	5
9	Частота вращения ВД, об/мин, не менее	3000
10	Мощность потребляемая ВД, Вт, не более	1000
11	КПД ВД, %, не менее	90
12	Напряжение питания ВД, В	24
13	Степень защиты ВД	IP56

Данный редуктор является двухступенчатым, причем конструкция позволяет менять ступени (нет жесткого соединения ступеней, и если произошел износ или поломка одной ступени, ее всегда можно заменить на новую, тем самым существенно снизить простой оборудования, так как его не придется ставить на ремонт). Среди имеющихся конкурентных решений, не было встречено подобного варианта конструкции, поэтому наше решение можно считать новым и более удачным.

Также конструкцией предусмотрена самостоятельная синхронизация трех пассивных эксцентриков, что также упрощает производство и настройку изделия. В рассмотренных вариантах конкурентов встречается схема, в которой предполагается использование трех ведущих эксцентриков, которые необходимо конструктивно синхронизировать.

В рамках проектирования редуктора были предложены 2 варианта направления осей: радиальное и радиально-осевое. Причем соединение ступеней реализуется без использования соединительных муфт и дополнительных корпусных изделий. Конкурентные решения реализуются в основном в радиальном направлении, что не всегда дает компактный редуктор.

Если оценивать стоимость готового изделия, то стоимость проектируемого редуктора предполагается от 40 до 150 тыс. рублей в зависимости от компоновочной схемы. Стоимость изделий фирм- конкурентов колеблется от 150 тыс. до 2 млн. рублей.

Таблица 8. Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б1	Б2	Б3	К1	К2	К3
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии ресурсоэффективности							
1. Производительность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителя)	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
3. Компактность	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
4. Эргономичность	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2
5. Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6. Бесшумность	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
7. Простота эксплуатации	0,1	5	2	2	0,5	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Цена	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
ИТОГО:	1				5,4	3,2	3,1

Б1 (К1) – баллы (конкурентоспособность) проектируемого редуктора, Б2 (К2) TwinSpin, Б3 и (К3) – баллы (конкурентоспособность) редукторов компании Nabtesco.

По оценочной карте из таблицы 5 видно, что новое устройство является конкурентоспособным, так как по многим параметрам превосходит своих конкурентов. Главными достоинствами данного редуктора являются: Компактность, эргономичность, простота эксплуатации и цена.

3.3 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.

Таблица 9. Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Компактность. С3. Бесшумность. С4. Надежность, способность долгое время работать без ремонта.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Более высокая себестоимость.</p> <p>Сл2. Продукт не продавался.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Быстрое продвижение на рынок.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Усовершенствование устройства.</p>	<p>В1С1С2С3С4 – быстрое продвижение на рынок в связи с преимуществами данного редуктора.</p> <p>В2С1С2С3С4 – дополнительный спрос может появиться за счет</p>	<p>В1Сл2 – может не быть быстрого продвижения на рынок, так как редуктор ранее не продавался и потребители не знают этот продукт.</p> <p>В2Сл1Сл2 – отсутствие дополнительного спроса из-</p>

	усовершенствования редуктора.	за несовершенства устройства.
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Кризис.</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции со стороны государства.</p>	<p>У2С1С2С3С4 – возможность конкурировать в связи с хорошими показателями основных характеристик.</p>	<p>У1Сл1 – высокая себестоимость может существенно снизить продажи данного продукта.</p>

Таблица 10. Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+
	B3	0	0	0	0
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1		Сл2	
	B1	0		+	
	B2	+		+	
	B3	0		0	
Сильные стороны проекта					
Угрозы		C1	C2	C3	C4
	У1	0	0	0	0
	У2	+	+	+	+
	У3	0	0	0	0
Слабые стороны					
Угрозы		Сл1		Сл2	
	У1	+		0	
	У2	0		0	
	У3	0		0	

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

3.4 Инициация проекта

3.4.1 Цели и результат проекта

Таблица 11 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Томский политехнический университет	Оптимальные параметры редуктора

Таблица 12 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Целью проекта является разработка и исследование волнового редуктора.
Ожидаемые результаты проекта:	Определить конструктивные особенности волнового редуктора.
Критерии приемки результата проекта:	Расход ресурсов — не более установленного лимита.
Требования к результату проекта:	Устройство должно иметь возможность проводить плановые технические обслуживания и текущие ремонты, без значительного разбора конструкции.
	Виды и периодичность технического обслуживания изделия должны осуществляться в соответствии с требованиями, указанными в руководстве по эксплуатации.
	Изделие может транспортироваться любым видом транспорта.

	Изделие должно быть безопасным при использовании по назначению
	Маркировка изделия и его составных частей должна быть устойчивой в течение всего срока службы изделия, и не должна смываться жидкостями, используемые при эксплуатации изделия

3.5 Организационная структура проекта

Таблица 13 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, дн.
1	Ли Баочэн., ТПУ, магистрант	Исследователь	<ul style="list-style-type: none"> – разрабатывает методику исследования; – проводит анализ перспективности; – формирует бюджет; – определяет эффективность. 	113 дн.
2	Крауиньш П.Я., ТПУ, д.т.н. профессор ОМ ИШНПТ	Руководитель	<ul style="list-style-type: none"> – составляет для студента индивидуальное задание и план выполнения ВКР с конкретизацией срока сдачи материала на проверку; 	48 дн.

			<ul style="list-style-type: none"> – координирует деятельность участников проекта; – проверяет пояснительную записку на соответствие установленным требованиям. – дает рекомендации по ходу и содержанию проекта; – оценивает качество работы исследователя. 	
ИТОГО:				161

3.6 Ограничения и допущения проекта

Таблица 14 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
1.1.1. Бюджет проекта	300000 руб.
1.1.1.1. Источник финансирования	Государственный бюджет
1.1.2. Сроки проекта	6 месяцев
1.1.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	24.02.21
1.1.2.2. Дата завершения проекта	16.06.21

3.7 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполним специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице.

Таблица 15. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации.

№ п п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2	Определены перспективные направления научно-технического задела	4	3
3	Определены отрасли и технологии (товары и услуги) для предложения на рынке	4	3
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана прав	2	2

6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной стоимости	5	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8	Разработка бизнес-плана коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1

14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
	ИТОГО:	37	33

По результатам, приведенным в таблице, можно оценить готовность научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Полученные баллы свидетельствуют о средней перспективности данного проекта.

3.8 Планирование управления научно-техническим проектом

3.8.1 Структура работ в рамках научного исследования

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо оптимально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Так как число исполнителей не превышает двух, то предпочтительным планированием работ является линейный график реализации проекта. Для его построения должны данные быть сведены в таблицу 16.

Таблица 16. Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	№ раб.	Содержание работ	Исполнители
1	2	3	4
Выбор направления исследования	1	Постановка задачи	НР
	2	Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И
	3	Разработка календарного планирования	НР
	4	Обсуждение литературы	НР, И
	5	Выбор структурной схемы устройства	НР, И
	6	Выбор методики проведения исследования	НР, И
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Проведение исследований	И

Оформление отчета	8	Оформление расчетно- пояснительной записки	И
Подготовка к защите	9	Подведение итогов	НР, И

НР – научный руководитель;

И – исследователь.

3.8.2 Продолжительность этапов работ

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется вероятностный метод – метод двух оценок t_{min} и t_{max} .

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \quad (1)$$

Где t_{min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн;

t_{max} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Для выполнения перечисленных в таблице работ требуются специалисты: студент в качестве инженера (И) и научный руководитель (НР). Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож} \cdot K_{д}}{K_{ВН}} \quad (2)$$

Где $K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{ВН} = 1$);

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{д} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} \quad (3)$$

Где $T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} + T_{ПД}} \quad (4)$$

Где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 + 14} = 1,221$$

В таблице 10 приведена длительность этапов работ и число исполнителей,

занятых в каждом этапе.

Таблица 17. Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Продолжительность работ, дни						Трудоемкость работ по исполнителям, чел/дн			
	t_{min}		t_{max}		$t_{ож}$		Трд		Ткд	
	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И
Постановка задачи	4	-	7	-	5,2		6,24	-	7,61	-
Подбор и изучение материалов по тематике	14	14	16	16	14,8		5,32	17,76	6,49	21,68
Разработка календарного плана	4	-	7	-	5,2		6,24	-	6,49	-
Обсуждение литературы	6	6	8	8	6,8		6,52	8,16	7,96	9,96
Выбор структурной схемы устройства	9	9	18	18	12,6		15,12	10,58	18,46	12,91
Выбор методики проведения исследования	14	14	16	16	14,8		17,76	12,43	21,68	15,17
Проведение исследований	-	15	-	18	16,2		-	15,84	-	19,34
Оформление расчетно-пояснительной записки	-	13	-	15	-	13,2	-	6,48	-	7,91
Оформление графического материала	-	12	-	5,4	-		-	6,48	-	7,91
Подведение итогов	7	7	9	9	7,8		5,61	9,36	6,84	11,42
ИТОГО:							62,81	100,67	76,65	122,87

Расчет нарастания технической готовности работ

Таблица 18. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Этап	НР	И	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
1	7,61	–	■												
2	6,49	21,68		■	■										
3	7,61	0,75				■									
4	7,96	9,96					■	■							
5	18,46	12,91						■	■						
6	21,68	15,17							■	■					
7	–	23,73									■	■	■		
8	–	19,34											■	■	
9	–	7,91													■
10	6,84	11,42													■

НР – И –

3.8.3 Бюджет научного исследования

В состав затрат на создание проекта включается стоимость всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости на выполнение данной разработки производится по следующим статьям затрат:

- материальные затраты НТИ;
- затраты по основной заработной плате исполнителей темы;
- затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы;
- отчисления внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- накладные расходы (прочие расходы).

3.8.4 Расчет материальных затрат НТИ

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам и приведена в таблице.

Таблица 19. Расходные материалы

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма
Бумага для принтера формата А4	250	1 уп.	250
Ручка шариковая	20	2 шт.	40
Карандаш	20	2 шт.	40
ИТОГО:			290

Расходы на материалы составили $C_{mat} = 290$ рублей.

3.8.5 Основная заработная плата исполнителей

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 17.

Таблица 20. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн		Зарплата на один чел.-дн, тыс. руб.	
			НР	И	НР	И
1	Постановка задачи	НР	6,24	–	1741,89	–
2	Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	5,32	17,76	1741,89	841,38
3	Разработка календарного плана	НР, И	6,24	0,62	1741,89	841,38
4	Обсуждение литературы	НР, И	6,52	8,16	1741,89	841,38
5	Выбор структурной схемы устройства	НР, И	15,12	10,58	1741,89	841,38
6	Выбор методики проведения исследования	НР, И	17,76	12,43	1741,89	841,38
7	Проведение исследований	И	–	19,44	–	841,38

8	Оформление расчетно- пояснительной записки	И	–	15,84	–	841,38
9	Оформление графических материалов	И	–	6,48	–	841,38
10	Подведение итогов	НР, И	5,61	9,36	1741,89	841,38
Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб					109739,07	84979,38

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (6)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{доп}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (7)$$

Где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (7)$$

Где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 рабочих дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни (таблица 2).

Согласно таблице окладов ППС и НС.

$Z_m = 33162,87$ руб. – месячный оклад руководителя.

$Z_m = 14874,45$ руб. – месячный оклад студента в роли младшего научного сотрудника.

Таблица 21. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководител ь	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	106	106
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезням	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	198

$$З_{\text{дн1}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{33162,87 \cdot 10,4}{198} = 1741,89 \text{руб.} \text{ – зарплатная плата}$$

руководителя за 1 день;

$$З_{\text{дн2}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{14874,45 \cdot 11,2}{198} = 841,38 \text{руб.} \text{ – зарплатная плата}$$

студента за 1 день.

$$З_{\text{осн1}} = 1741,89 \cdot 63 = 109739,07 \text{руб.} \text{ – руководитель;}$$

$$З_{\text{осн2}} = 841,38 \cdot 101 = 84979,38 \text{руб.} \text{ – студент.}$$

$$З_{\text{зп1}} = 109739,07 + 16460,86 = 126199,93 \text{руб.} \text{ – руководитель;}$$

$$З_{\text{зп2}} = 84979,38 + 12746,91 = 97726,29 \text{руб.} \text{ – студент.}$$

3.8.6 Дополнительная заработная плата исполнителей

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей

$$\text{формуле: } Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (8)$$

где $k_{\text{доп}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Примем $k_{\text{доп}} = 0,15$:

$$Z_{\text{доп1}} = 0,15 \cdot 109739,07 = 16460,86 \text{руб.} - \text{руководитель};$$

$$Z_{\text{доп2}} = 0,15 \cdot 84979,38 = 12746,91 \text{руб.} - \text{студент.}$$

3.8.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

Где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году вводится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме (таблица 18).

Таблица 22. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	109739,07	16460,86
Студент-дипломник	84979,38	12746,91
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	27,1%
Итого	34200,18 + 26483,82 = 60684	

$$\begin{aligned} З_{внеб} &= k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \\ &= 126199,93 \cdot 0,271 = 34200,18 \text{руб.} \text{ –руководитель;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} З_{внеб} &= k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \\ &= 97726,29 \cdot 0,271 = 26483,82 \text{руб.} \text{ – студент-дипломник.} \end{aligned}$$

3.8.8 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию при работе оборудования. Затраты на электроэнергию при работе оборудования для технологических целей рассчитываются по формуле:

$$\text{Э}_{об} = P_{об} \cdot \text{Ц}_э \cdot t_{об} \quad (10)$$

Где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_э$ – тарифная цена за 1 кВт·час, $\text{Ц}_э = 5,257$ руб/кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе данных для $T_{рд}$ табл.2 для инженера из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} \cdot K_t \quad (11)$$

Где $K_t = 0,6$ – коэффициент использования оборудования по времени Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{уст. об} \cdot K_c \quad (12)$$

Где $P_{уст. об}$ – установленная мощность оборудования, кВт;

K_c – коэффициент спроса, зависящий от количества, загрузки групп электроприемников. Так как в данном случае группа состоит всего из одного электроприемника примем $K_c = 1$.

Затраты на электроэнергию для технологических целей приведены в таблице 23.

Таблица 23. Затраты на электроэнергию для технологических целей

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность РОБ, кВт	Затраты ЭОБ, руб.
Персональный компьютер	808*0,6	0,3	764,57
Струйный принтер	30	0,1	15,77
Итого:			780,34

Таким образом, затраты на электроэнергию составили:

Сэл. об. = 780,34 рублей.

3.8.9 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» от используемого оборудования рассчитывается амортизация за время выполнения работы для оборудования, которое имеется в наличии.

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ЭВМ по формуле:

Где N_A – годовая норма амортизации; C_{OB} – цена оборудования;

F_D – 298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе, 8 часов рабочий день, $F_D = 298 * 8 = 2384$ часа;

t_{BT} – время работы оборудования;

n – число задействованных ПЭВМ, $n = 2$.

Стоимость ПК 45000 руб., время использования 808 часов, тогда для него $C_{AM} (ПК) = (0,4*45000*808*1)/2384 = 6100,67$ руб.

Стоимость принтера 12000 руб., его $F_D = 500$ час.; $N_A = 0,5$; тогда $C_{AM}(Пр) = (0,5*12000*30*1)/500 = 360$ руб.

Итого начислено амортизации 6460,67 руб.

3.8.10 Накладные расходы

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

Накладные расходы

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_p + Z_{\text{эл.об}} + Z_{\text{кл}} + Z_o + Z_{\text{мат}} + Z_{\text{дз}})$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов;

Z_p - затраты на ремонт;

$Z_{\text{эл.об}}$ - затраты на электроэнергию;

$Z_{\text{кл}}$ - затраты на клининговые услуги;

Z_o - затраты на отопление;

$Z_{\text{мат}}$ - затраты на материальную помощь;

$Z_{\text{дз}}$ - непредвиденные затраты.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$\begin{aligned} C_{\text{накл}} &= 0,16 \cdot (2000 + 4000 + 10000 + 40000 + 60000 + 45000) = \\ &= 25\,760 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма пунктов 1} \div 7) \cdot k_{\text{нр}} (14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таблица 24. Сводная таблица основных расходов проекта

Статья расходов	Сумма, руб
Материалы	
Бумага для принтера	250
Канцелярия (ручки, карандаши)	80
Электроэнергия	
Компьютер	764,57
Принтер	15,77
Заработная плата	
Научный руководитель	142660,79
Инженер	110437,2
Накладные расходы	25 760
ИТОГО:	280 004.33

В таблице 20 отражены основные статьи расходов, осуществляемых в рамках проведенной работы. Основные затраты приходятся на заработную плату научного руководителя и инженера. Финансирование осуществляется в рамках проекта по направлению 218 с АО «Микран». На проведение данных работ из бюджета проекта было выделено 300000 руб.

3.9 Определение ресурсоэффективности научного исследования

Определение сравнительной эффективности исследования проводят для текущего проекта и для аналогов.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (13)$$

де I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

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

Для текущего проекта:

$$I_{\Phi}^p = \frac{280004,33}{300000} = 0,93$$

Для аналога 1.

$$I_{\Phi}^p = \frac{300000}{300000} = 1$$

Для аналога 2.

$$I_{\Phi}^p = \frac{228000}{300000} = 0,76$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности можно вычислить по формуле:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (13)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i - весовой коэффициент i - го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p - бальная оценка i - го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n - число параметров сравнения;

Аналог 1 TwinSpin (Словакия)

Аналог 2 Nabtesco (Япония)

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

проекта

	Весовой коэффициент параметров	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	5	5
Экономичность производства	0,1	4	4	4
Надежность	0,25	5	4	2
Энергосбережение	0,25	5	4	5
Материалоемкость	0,1	4	4	4
Безопасность	0,1	5	5	5
Итого	1	4,8	4,3	4,05

$$I_{ТП} = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,8$$

$$I_{АН1} = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,3$$

$$I_{АН2} = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 2 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,05$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^P$ и аналога

$I_{финр}^a$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}, \quad (14)$$

Для текущего проекта:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{4,8}{0,93} = 5,16$$

Для аналога 1:

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{4,3}{1} = 4,3$$

Для аналога 2:

$$I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{4,05}{0,76} = 5,33$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} \quad (15)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта

$$\mathcal{E}_{\text{ср(ТП)}} = \frac{5,16}{5,16} = 1$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср(АН1)}} = \frac{4,3}{5,16} = 0,83$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср(АН2)}} = \frac{5,33}{5,16} = 1,03$$

Таблица 26 – сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,93	1	0,76
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,3	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,16	4,3	5,33
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,83	1,03

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

По результатам проведенного анализа конкурентных технических решений можно отметить, что волновой редуктор текущего проекта является наиболее предпочтительнее и рациональнее, по сравнению с остальными;

При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя, консультанта и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 125 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал исследователь – 113, общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель – 48.

Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 280 004.33 руб;

По интегральным финансовым показателям можно отметить, что данное научное исследование эффективно.

Все, вышеперечисленные технико-экономические показатели проекта, позволяют сделать вывод о том, что текущая конструкция волновой редуктор экономически эффективна.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Ли Баочэн

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Тема ВКР:

Модуль солнечной электростанции с волновым редуктором и управляемым приводом	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Рабочее место – офисное помещение, стол, стул, ПЭВМ. В рамках магистерской диссертации проведены виртуальные исследования в программном обеспечении.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ; - Федеральный закон «Об основах охраны труда в РФ»; - Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве»; - Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; - Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»; - Федеральный закон «О пожарной безопасности». - гигиенические требования по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; - размещение рабочего места по ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ; - ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. - СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. - СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение - ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. - ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам. - ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - температура воздуха рабочей зоны; - уровень шума; - показатели микроклимата; - освещенность рабочей зоны; - недостаточное освещение; - уровень вибрации; - психофизиологические производственные факторы в том числе: физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса и нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электрический ток. <p>Обоснование мероприятий по снижению воздействия.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Загрязнение Гидросферы применением СОЖ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Утилизация ТБО, оргоборудования, макулатуры, люминесцентных ламп. <p>Литосфера: утилизация твердых отходов.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные ЧС: наводнения, ураганы, пожары.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара на рабочем месте, электрическое поражение током человека.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Ли Баочэн		

4. Социальная ответственность

4.1 Введение

Объектом исследования является модуль солнечной электростанции с волновым редуктором и управляемым приводом.

Его общее применение в отраслях, которые производят высокотехнологичное оборудование, где требуется точное вращение, например, в аэрокосмической промышленности, робототехнике, станках, больничном оборудовании и т. Д.

Конструкция редуктора была разработана с использованием программного обеспечения SolidWorks, где была изготовлена 3D модель оборудования, которая впоследствии использовалась для проведения кинематических и динамических экспериментов в виртуальной среде.

Все работы выполнялись на персональном компьютере, а рабочая среда использовалась в читальном зале общежития 21/2 Национально Исследовательского Томского Политехнического Университета.

В разделе «Социальной ответственности» магистерской диссертации также были рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места конструктора в соответствии с нормами производственной санитарии, безопасности и охраны окружающей среды. Организация рабочего места должна соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности, нормам санитарии, экологической и пожарной безопасности.

Цель раздела: выявление возможных вредных и опасных факторов процесса

разработки проекта, а также разработка мероприятий по предотвращению негативного воздействия на здоровье конструктора, создание условий труда, перечисление организационных и технических мер, предусмотренных для ЧС, а также изучение вопроса охраны окружающей среды.

4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно статье 91 Трудового кодекса Российской Федерации от 30 декабря 2001г.№ 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019), политическое направление, опубликованное в этом документе и применяемое к этой работе, выглядит следующим образом [33]:

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

Главными элементами рабочего места конструктора являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление человека. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;

нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы конструктор мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;

поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения конструктора;

конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей);

высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680 – 760 мм;

высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420 – 550 мм. Поверхность сидения мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки регулируемый. Необходимо предусматривать при конструировании возможность различного размещения документов сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т. п. кроме того, в случаях, когда видеоматериал имеет низкое качество изображения, например, заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300 – 450 мм).

Положение экрана определяется расстоянием считывания (0,6...0,7м); углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

по высоте +3 см;

по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;

в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя.

При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

голова не должна быть наклонена более чем на 20° ;

плечи должны быть расслаблены;

локти – под углом $80^\circ \dots 100^\circ$;

предплечья и кисти рук – в горизонтальном положении.

Если расстояние от глаз оператора, до экрана дисплея составляет $60 \dots 80$ см, то высота знака должна быть не менее 3мм. Оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4, а расстояние между знаками – $15 \dots 20\%$ их высоты, также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже.

4.3 Производственная безопасность

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием некоторых опасных и вредных факторов (ГОСТ 12.0.002-14 «ССБТ. Основные понятия. Термины и определения»), которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизиологические (ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация»).

На работающего за ЭВМ инженера-конструктора могут негативно действовать опасные и вредные производственные факторы, которые приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003 2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	- Требования к микроклимату по ГОСТ 12.1.005-88 [2]; - Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96 [3]; - Требования к уровню шума на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [4]; - Требования к освещению СП 52.13330.2016 [9]; Естественное и искусственное освещение СНиП 23-05- 95*[5]; - Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля по ГОСТ 12.1.045-84 [6].
2.Превышение уровня шума		+	+	
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	
6.Психофизические факторы: умственное напряжение и эмоциональные перегрузки, утомление	+	+	+	
7.Электромагнитное излучение	+	+	+	

4.3.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов Микроклимат

Под микроклиматом помещений понимаются метрологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения. Температура кабинета должна соответствовать температуре, установленной в стандарте СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Следовательно, температура на рабочем месте в офисе в теплое время года должна быть 23-25 градуса по Цельсию при относительной влажности воздуха 60- 40%. При этом температура поверхностей – от 22 до 26С°, а скорость движения воздуха – до 0,1 м/с. В холодное время года в кабинете должно быть от 22 до 24 С° (влажность и скорость движения воздуха аналогичны). Оптимальная температура поверхностей 21-25С [35].

Уровень шума на рабочем месте

В основном вся работа конструктора происходит в окружающей среде внутри кабинета проектно-конструкторского отдела, следовательно должна соответствовать подчиняться санитарным нормам СН2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Уровень шума не должен превышать 60 дБА.

Освещенность на рабочем месте

Освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк, что может

достигаться установкой местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Следует ограничивать отраженную блесткость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура) за счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель. Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

Длина $B=8$ м; ширина $A=10$ м; высота $H=3,5$ м; рабочая плоскость находится на уровне $d=1$ м; свес светильника – $m=0,5$ м; коэффициенты отражения потолка $a=50\%$, стен, $b=30\%$, пола, $c=10\%$; расстояние между светильниками – $h=H-d-m=5$ м.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 10 \cdot 8 = 80 \text{ м}^2 \quad (1)$$

Индекс помещения рассчитаем по формуле:

$$i = \frac{S}{(A + B) \cdot h} = \frac{80}{(10 + 8) \cdot 5} = 0,9 \quad (2)$$

По индексу помещения и коэффициентам отражения, находим коэффициент использования светового потока $x=36\%$. Количество принятых светильников $N=12$. Коэффициент минимальной освещенности принять за $z=1,1$. По СП 52.13330.2016 нормируемая освещенность составляет $E_n=750$ лк, коэффициент запаса $k_3=1,6$.

Вычислим световой поток для создания требуемого освещения:

$$\Phi_n = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{10 \cdot 0,36} = 29333,33 \text{ лм} \quad (3)$$

Световой поток для одного светильника равен:

$$\Phi_{л1} = \frac{\Phi_{л}}{N} = \frac{29333}{10} = 2933,33 \text{ лм} \quad (4)$$

Выберем люминесцентную лампу типа OSRAM Basic 765, G13, T8, 36Вт со значением светового потока 3350 лм в количестве 12 штук для обеспечения нормы освещения в кабинете. Схема расположения ламп приведена на рисунке 37.

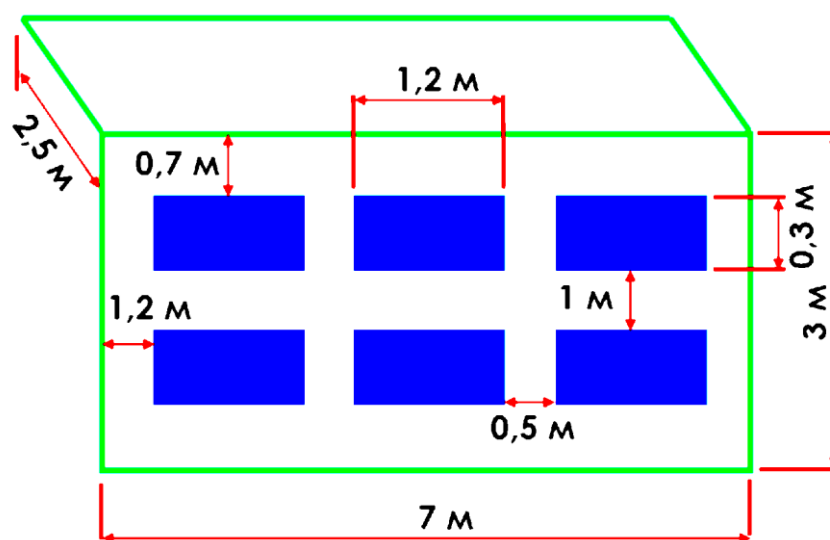


Рисунок 37 – Схема расположения ламп (размеры в м)

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. В диапазоне низких частот интенсивность излучения не должна превышать 50 В/м по электрической составляющей и 5 А/м по магнитной составляющей напряженности поля.

Напряженность магнитного поля на расстоянии 10 см от экрана варьируется

в диапазоне 0,4 – 1,8 А/м, с расстоянием эти показатели уменьшаются. Следовательно, сила магнитного поля кабинета падающего на конструктора, соответствует норме.

Психофизиологические факторы

Нервно-психические перегрузки являются следствием информационного взаимодействия в системе «пользователь – ПЭВМ». К основным нервно-психическим перегрузкам относятся повышенные зрительные напряжения; умственные и нервно-эмоциональные перегрузки; длительная концентрация внимания; монотонность труда (однообразие трудового процесса, повторяемость операций, отсутствие возможности переключения внимания или изменения вида работы). Поэтому, конструктор при работе на ЭВМ к концу рабочего дня возникают типичные ощущения: переутомление глаз, головная боль, тянущие боли в мышцах шеи, рук и спины, снижение концентрации внимания.

Электрический ток и короткое замыкание

Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05А, ток менее 0,05А - безопасен (до 1000 В). Чтобы избежать проблем с коротким замыканием, проектировщик должен избегать таких вещей, как: подключение проводов в виде скручивания, не подключайте слишком много устройств к одной розетке и должен использовать электропредохранитель с соответствующей для потребления мощностью. Если предохранитель часто отключается, то возможно где-то есть неполадки в соединениях проводов, в этом

случае надо вызвать специалиста.

Статическое электричество

Возникновение зарядов статического электричества происходит при относительном перемещении двух находящихся в контакте тел, кристаллизации, а также вследствие индукции. Допустимые уровни напряженности электростатических полей определяются стандартом ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Они зависят от времени пребывания на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей ($E_{\text{пред}}$) равен 60 кВ/м в 1 ч. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется. Применение средств защиты, работающих обязательно в тех случаях, когда фактические уровни напряженности электростатических полей на рабочих местах превышают 60 кВ/м.

4.3.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействий показателей микроклимата

В помещения должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20м³ на человека – не менее 30м³ в час на человека; при объёме помещения более 40м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления. Она должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание

воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление.

Мероприятия по снижению уровня шума

Кабинет в проектно-конструкторском отделе находится на четвертом этаже здания, его окна направлены на улицу, что повышает уровень шума в окружающей среде. В сезоны, когда температура ниже, двери и окна всегда закрыты, поэтому тепло и акустическая изоляция идеальны. Проблемы могут возникнуть летом, как правило окна и двери открыты, это значительно повышает уровень шума в окружающей среде, вызывая дискомфорт у конструктора, поэтому рекомендуется устанавливать кондиционер в окружающей среде, чтобы температура была контролируема в это время года, без необходимости открывать двери и окна, что, следовательно, позволяет переносить внешний шум с улицы в рабочую среду.

Мероприятия по устранению недостаточной освещенности рабочей

зоны

Для общего освещения лучше использовать потолочные или встроенные светильники с люминесцентными лампами. Источники света рекомендуются нейтрально-белого или теплого белого цвета. Световой поток от газоразрядных ламп по спектральному составу близок к естественному освещению и поэтому более благоприятен для зрения.

Мероприятия по снижению уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия: согласно СанПиН 2.2.2.542-96 для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы при 8 часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы; дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;

Для мониторов рекомендуется следующее дооснащение:

защитный фильтр для экрана, ослабляющий переменное электрическое и электростатическое поля;

для одиночных ПЭВМ или их однорядном расположений – специальное защитное покрытие на переднюю панель и боковые стенки.

Мероприятия по снижению психофизических показателей

Для уменьшения негативных последствий работы с ПЭВМ следует выбирать Рациональные режимы труда и отдыха, использовать защитные средства, осуществлять комплексные оздоровительно-профилактические мероприятия. Безопасные условия труда на ПЭВМ регламентируют СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Действие, которое было предпринято конструктором во избежание психофизиологических проблем, состояло в том, чтобы установить время отдыха 15 минут на каждый 1 час работы, встать с рабочей станции,

прогуляться, выпить воды.

Мероприятия по снижению проблем с электрическим током

Для уменьшения опасности поражения электрическим током применяют ряд мер, основными из которых являются защитное заземление, заземление на нейтраль (зануление), применение пониженного напряжения, закрытие токоведущих частей и их ограждение, применение изолирующих средств— диэлектрических подставок, резиновых перчаток, бот, ковриков, защитных очков и др., сигнализация при случайном заземлении какой-либо точки электрической цепи. С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности. В соответствии с правилами электробезопасности в служебном помещении должен осуществляться постоянный контроль состояния электропроводки, предохранительных щитов, шнуров, с помощью которых включаются в электросеть компьютеры, осветительные приборы, другие электроприборы, должны применяться защитные заземления (ГОСТ 12.1.030-81).

Мероприятия по снижению проблем со статическим электричеством

Заземление проводится независимо от использования других методов защиты. Более эффективным средством защиты является увеличение влажности воздуха до 65-75%, если позволяют условия технологического процесса. В качестве индивидуальных средств защиты могут применяться: антистатическая обувь, антистатический халат, заземляющие браслеты для защиты рук и другие

средства, обеспечивающие электростатическое заземление тела человека.

4.4 Экологическая безопасность

Утилизация ТБО, оргоборудования, макулатуры, люминесцентных ламп

Отношения с отходами в офисе ограничиваются помещением их в мусорную корзину, а затем в ближайший мусорный бак, который обслуживает компания, занимающаяся вывозом мусора. А накопление отходов является составной частью понятия «обращение с отходами». К офисным отходам относятся ртутные лампы и списанная техника. Для них также необходимо иметь специально оборудованное место для накопления в целях их дальнейшей передачи специализированной компании. Российское законодательство в сфере обращения с отходами - (Приказ Минприроды России от 01.09.2011 N 721).

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для рабочего места за ПК наиболее вероятной и типичной ЧС является пожар. Соответственно, защита в ЧС в данном случае может быть рассмотрена как защита от пожара. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.010-76.

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения безопасности. Для устранения возможности пожара в помещении необходимо соблюдать противопожарные меры:

- применение средств пожаротушения;
- использование пожарной сигнализации;
- содержание электрооборудования в исправном состоянии, использование плавких предохранителей и автоматических выключателей в аппаратуре, по окончании работ все установки должны обесточиваться;
- наличие в помещении средств пожаротушения (огнетушители типа ОУ-3, пожарный инструмент, песок) и содержание их в исправном состоянии;
- содержание путей и проходов эвакуации людей в свободном состоянии;
- проводить раз в год инструктаж по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения.

Процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, их числом и размером, план эвакуации на рабочем месте конструктора показан на рисунке 38. После эвакуации людей необходимо принять меры по пожаротушению.

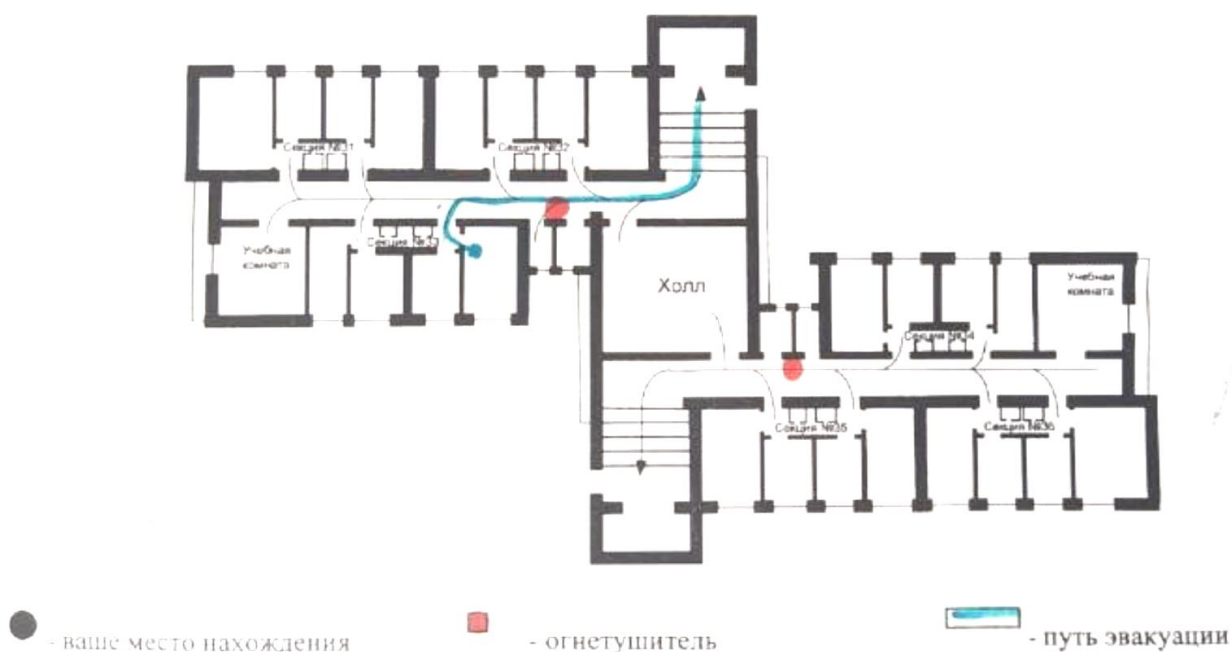


Рисунок 38 – План эвакуации

Выводы по разделу

Чрезвычайно важно, чтобы инженер разработал системный взгляд на мир, чтобы признать, что он является агентом социальных преобразований. Таким образом, недостаточно знать эмпирические, технические и научные знания, нужно также знать, как применять эти знания этическим и человеческим образом, поэтому во всех проектах важно выработать социальную ответственность разрабатываемого проекта. Поэтому были рассмотрены важные вопросы, связанные с организационными законами, безопасностью труда, планировкой рабочей зоны.

Проанализировав эти факторы по отношению к рабочему месту, мы можем сделать вывод:

требования к микроклимату в помещении и уровню шума на рабочем месте частично соблюдены;

была предложена установка кондиционирования воздуха, поэтому окна и двери не нужно открывать летом, так как это значительно увеличивает количество внешнего шума в помещении, вызывая дискомфорт у работника.

В подразделе экологическая безопасность рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду, что касается канцелярских отходов, было рекомендовано разделить их в подходящем месте и по классам отходов, например, отделить бумагу от флуоресцентной лампы перед тем, как отправиться в компанию, ответственную за утилизацию.

В подразделе безопасность в чрезвычайных ситуациях приведены возможные ЧС на рабочем месте, а также методы их предотвращения. Было

установлено, что основной возможной причиной аварии является возникновение пожара, были представлены методы его предотвращения, а также план эвакуации здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Keller L. and Affolter P. Optimizing the Panel Area of a Photovoltaic System in Relation to Static Inverter Practical Results. // SE.-1995.- Vol. 55, № 1, P. 1-7.
- [2] P. Roth, A. Georgiev, H. Boudinov. Cheap two axis sun following device Energy Conversion and Management, Volume 46, Issue 7, Pages 1179-1192.
- [3] T. Tomson. Discrete two-positional tracking of solar collectors Renewable Energy, 33 (2008), pp. 400-405
- [4] J.T. Agee, A. Obok-Opok, M.D. Lazzer. Solar tracker technologies: market trends and field applications Advanced Materials Research, 18–19 (2007), pp. 339-344
- [5] Y.V. Pavel, H.J. Gonzalez, Y.V. Vorobiev. Optimization of the solar energy collection in tracking and non-tracking PV solar system Proceedings of the 1st international conference on electrical and electronics engineering, ICEEE, Acapulco, Mexico, September 8–10 (2004), pp. 310-314
- [6] R. Mamlook, S. Nijmeh, S.M. Abdallah. A programmable logic controller to control two axis sun tracking system Information Technology Journal, 5 (6) (2006), pp. 1083-1087
- [7] S. Gagliano, N. Savalli, G. Tina, N. Pitrone. Two-axis sun tracking system: design and simulation Eurosun 2006, Glasgow, UK, June 27–30 (2006)
- [8] Tracstar. Should you install a solar tracker. [Электронный ресурс]: режим доступа - <http://www.helmholz.us/smallpowersystems/>, свободный (дата

обращения 01.04.2018).

- [9] Болотов А.В. Технология возобновляемой энергии. Потенциал перспективы освоения неисчерпаемых энергий и возобновляемых энергетических ресурсов. Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях: Труды 5-й МНТК – Алматы, -2006. -С.153-156.
- [10] S. Abdallah, S. Nijmeh. Two axes sun tracking system with PLC control. Energy Conversion and Management, Volume 45, Issue 11, Pages 1931-1939.
- [11] Терехов В.М., Алферов В.Г., Овсянников Е.М., Анализ способов компенсации люфтов в высокоточных следящих приводах, – М.: Труды МЭИ, вып.362, 1978.-С.48-56.
- [12] Clifford MJ, Eastwood D. Design of a novel passive solar tracker. Solar Energy 2004;77:9.
- [13] Duryea S, Syed I, Lawrence W, An Automated Battery Management System for Photovoltaic Systems, International Journal of Renewable Energy Engineering, Vol 1, No 2, Aug 1999
- [14] J. Rizk, Y. Chaiko. Solar Tracking System: More Efficient Use of Solar Panels // World Academy of Science, Engineering and Technology 17 2008
- [15] Зубчатые передачи:
http://cherch.ru/mechanicheskie_peredachi/zubchatie_peredachi.html
- [16] Краснощеков Н. Н., Федякин Р. В., Чесноков В. А. Теория зацепления. М.: Наука, 1976 – 175 с.
- [17] В. А. Гавриленко. Зубчатые передачи в машиностроении (Теория

- эвольвентных зубчатых передач). М.: Машгиз, 1962 – 530 с.
- [18] Павленко А. В., Федякин Р. В., Чесноков В. А. Зубчатые передачи с зацеплением Новикова. Киев: Техника, 1978 – 144 с.
- [19] Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т.: Т.2. – М.: Машиностроение, 2001 – 912 с.
- [20] Орлов П.И. Основы конструирования. –М.: Машиностроение, 1988. – 560с
- [21] Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. М.: ДМК Пресс 2010, 464 с.
- [22] Решетов Д. Н., Детали машин, М.: Машиностроение, 1963.
- [23] Передачи Новикова: http://tehpromcomplect.ru/peredachi_novikova
- [24] Крауиньш П. Я., Крауиньш Д. П., Смайлов С. А, Иоппа А. В., Сеунг-Су Йеом (2008) Самотормозящийся волновой редуктор, патент № RU 76 093.
- [25] ФГУП «НПЦАП» (2015) Двухступенчатый конический волновой редуктор, патент № RU 2 564 556.
- [26] Ершов Б.А., Трифоненко Б.В. Движение твердого тела при действии управляющих связей, Вестн. Ленингр. ун-та. 1985. № 8. С. 52-56.
- [27] Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения. М.: Наука. 1976.
- [28] Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра. – М. : Стройиздат, 1978.– 216 с.
- [29] Burton T., Sharpe D., Jenkins N., Bossanyi E. Wind energy handbook. -

New-York : John Wiley & Sons, 2001.

- [30] Erich Hau. Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics. - 2nd edition.- Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 2006. - 783 pag.
- [31] IEC 61400-1: 2005 Wind Turbines – Part 1: Design requirements.
- [32] Van Der Hoven I. Power spectrum of horizontal wind speed in the frequency range from 0.0007 to 900 cycles per hour // J. Meteor. – 1957. – 14. – P. 160-164.
- [33] Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
- [34] Санникова Е. В., Крауинньш П.Я. Исследование мехатронного устройства с кинематическим волновым редуктором и винтовым преобразователем движения: ВКР - УДК 621.865.8-047.37:621.833.3, Томск, ТПУ, 2019.
- [35] Нормы температуры на рабочем месте: СанПиН 2019-2020 года:
<https://buhguru.com/ohrana-truda/normy-temperat-raboch-meste.html>
- [36] Безопасность труда на рабочем месте бухгалтера:
<https://topref.ru/referat/5771.html> ОХРАНА ТРУДА Рекомендации по выполнению раздела в дипломном проекте бакалавра:
http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/hiop/metod/28_dpbak_rus.pdf
- [37] ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- [38] СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату

производственных помещений.

[39] СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

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

[41] ГОСТ 12.1.045-84. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

[42] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

[43] ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

[44] ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

[45] ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

Приложение А

ПЕРЕВОД РАЗДЕЛА «ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР»

РАЗДЕЛ 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Ли Баочэн		

Консультант школы отделения (НОЦ) ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Крауиньш П.Я.	д.т.н.		

Консультант – лингвист отделения НОЦ школы ШБИЦ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Миронова В.Е.	к.ф.н.		

1. Solar energy

1.1 The distribution law of solar energy

The efficiency of the solar panel to collect solar energy depends on the angle between the light and the panel. When the light is perpendicular to the panel, the production capacity reaches the peak. Research done by Small Power Systems shows that every degree of deviation will reduce 0.15%-0.2%. When the deviation angle exceeds 20° , the production efficiency is only 76%. For productivity, if the target is deviated by ten degrees, the output will still be 98.5% of the maximum value. Therefore, studying the law of the sun rays is beneficial to the development of the sun tracking system.

Since the Earth rotates around the earth axis connecting the two poles (north and south), the daily rotation is perpendicular to the equator, but not perpendicular to the plane of the earth's orbit. In fact, the current inclination or inclination angle of the earth's axis with respect to a straight line perpendicular to its orbital plane is approximately 23.26° . We call this plane parallel to the celestial equator of the earth and it passes through the center of the sun as the solar plane. The earth completes an elliptical cycle on this plane every year.

The sun moves westward every hour passing 15 degrees of longitude every hour. The direct sun point moves back and forth on the Tropic of Cancer every year. In the calculation, roughly 0.25 degrees of latitude can be moved every day.

At the vernal equinox, the sun shines directly at the equator and then moves northward until June 22 (the summer solstice) to the Tropic of Cancer. At the summer

solstice, the direct sun point is on the Tropic of Cancer, and then it moves south until it reaches the equator on September 23 (the autumnal equinox). At the autumnal equinox, the sun shines directly at the equator, and then continues to move south until December 22 (that is, the winter solstice) to the Tropic of Capricorn. On the winter solstice, the direct sun point was on the Tropic of Capricorn, then moved north, and returned to the equator on March 21 (the vernal equinox). Reciprocating motion again and again.

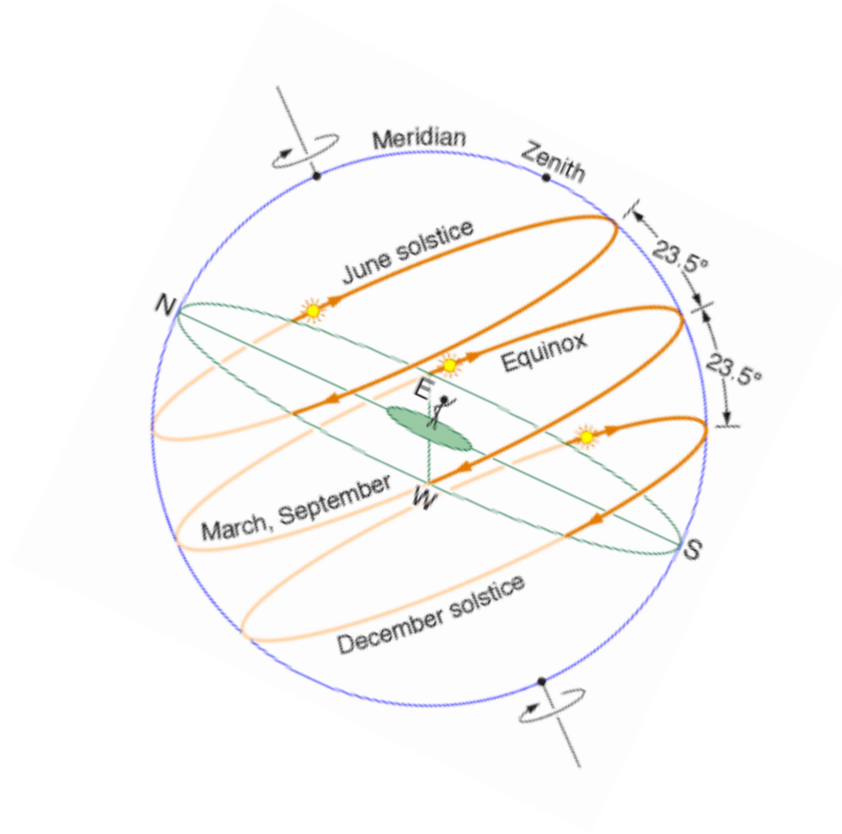


Fig. 1 Sun exposure map

Therefore, the trajectory of direct sunlight on the earth will change periodically.

As shown below

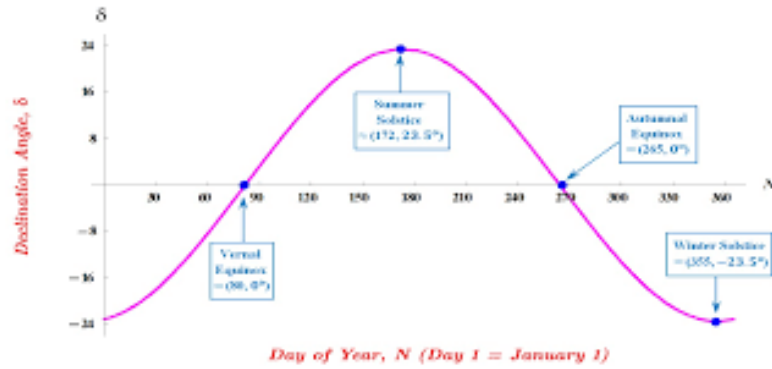


Fig. 2 Changes in the dimension of the sun

1.2 Solar panel tracking system

Ordinary solar panels are fixed and are basically positioned facing the south. The angle between the installation site and the ground is between 30 and 50 degrees, so that within a day, the maximum solar energy can be obtained at noon when the solar energy is most abundant. In terms of the angle with the ground, most of them are based on the experience of the staff who install the solar panels to determine the degree of inclination of the solar panels installed in the local area. It is also important to know in which season the user needs a large amount of electricity to determine the degree of inclination. The pitch angle of the sun varies greatly throughout the year, requiring manual adjustment by personnel.

The main reason for using solar trackers is to reduce the cost of collecting energy. Compared with a fixed array with the same number of solar panel modules, having a tracker generates more power in a longer period of time. This additional energy output or "gain" can be quantified as a percentage of the fixed array output. Where there is more sun, less clouds, moisture, haze, dust and smoke, the more energy is gained

collected by solar panels with trackers. At higher latitudes, the gain will increase due to the long arc of the summer sun. In a cloudy place, the annual yield of the tracker may be reduced by 20%. In areas that are generally good, annual growth gains are usually between 30% and 40%. The return on any given day may vary from almost zero to nearly 100%. In areas with seasonal changes, it ranges from 20% to 30% in winter (from October to March) to 40% to 55% in summer. Generally, the tracker will most increase its output during the time when the solar energy of the fixed array produces the least power. In the long days of summer, the output gain of solar panels with trackers is much greater than in winter. The strong sunlight will last for many hours, including the peak usage period of public utilities.

1.2.1 The difference between a fixed system and a tracking system

The solar tracker is a rack for photovoltaic panel modules, which is always pointed or perpendicular to the sun throughout the day. The solar tracker improves the efficiency of the system, reduces the size of the entire system, and reduces the cost of solar power stations building; the dual-axis tracker is used to move on two axes to directly point to the sun, thereby maximizing the use of the sun energy. The advantage of solar trackers is to reduce the cost of collecting solar energy. Compared with modules with the same number of solar panels, solar panels with trackers generate more power in a longer period of time. They have more production capacity.



Fig. 3 A solar power plant that can track the sun

1.3 The modes that can be used to implement the solar panel following the sun's movement

Two modes can be used to implement the solar panel following the sun's movement, one is the active follow mode, and the other is the passive follow mode.

1. The active follow mode needs to detect the position of the sun, and automatically modify its position to achieve the best position to receive solar energy according to the position of the sun. This mode requires energy to follow the sun.

Active follow mode is a solar device that automatically follows the sun. It is composed of a motor, a mechanical part and an electric control part. The mechanical part is set at the center of the daylighting panel, and the motor and the electric control part are on the main rotating shaft. In addition, a secondary shaft is also controlled by an electronic controller to adjust the pitch angle of the solar panel. The light source is identified by the photosensitive control element and returned to the computer control system. The computer controls the operation of the motor so that the solar panel faces the sun. The adjustment of the two axes can make the solar panel follow the sun at all

times.

The advantage of this system is that it can adjust the solar panels to face the sun autonomously, without human intervention, and the mechanical system is simple. The disadvantage of the system is that it is highly dependent on the monitored control components, which become vulnerable components when working in harsh natural environments. It increases the maintenance cost in the later period. In the case of external light interference, the burden on the system is increased, and the energy consumption leads to serious damage to the entire system. The whole system is cumbersome and complicated, and the long-term operation of monitoring components, electronic control components and mechanical drive systems consumes too much energy, and does not actually bring significant energy improvement and economic benefits.

2. The passive following system is a system that is preset according to the sun's trajectory and does not change with external conditions. Because the earth's rotation forms the sun's daily eastward rising and westward setting, the earth's revolution around the sun and the 23.26 degree deflection of the earth's axis cause the sun to change its height in one year. Moreover, the trajectory of the earth and the sun will not change, it is a fixed trajectory and the law will not change, so the trajectory of the movement can be set and programmed, and specific mechanical structures can be used to implement these specific laws.

The difficulty of this system is that it needs a compact reducer with a large transmission ratio, as well as, a solid and reliable mechanical structure. This reducer can meet the slow motion that follows the sun. The advantages of this system are strong

anti-interference ability and simple structure. It only needs a firm and reliable mechanical structure to complete the operation of the system. It does not require a complex electronic control system, but it has higher requirements for the mechanical structure.

In summary, the passive following system has a simple structure, strong anti-interference ability, and does not require a complicated electronic control system. The system does not consume too much energy, and can actually bring significant energy improvement and economic benefits. But the system needs a gearbox structure that meets the needs of the system.

1.4 Reducer

The reducer is an independent component composed of gear transmission, worm transmission, and gear-worm transmission enclosed in a rigid shell. It is often used as a reduction transmission device between the original moving part and the working machine. It plays a role in matching the speed and transmitting torque between the prime mover and the working machine or the actuator. It is widely used in modern machinery.

The reducer is generally used for low-speed and high-torque transmission equipment. The motor, internal combustion engine or other high-speed running power can be used to achieve the purpose of deceleration by meshing with the large gear on the output shaft through a gear with a small number of teeth on the input shaft of the reducer. The reducer will also have several pairs of gears with the same principle to

achieve the ideal reduction effect. The ratio of the teeth number of the large and small gears is the transmission ratio.

1.5 Classification of accelerators

The reducer plays the role of matching the speed and transmitting torque between the prime mover and the working machine or the actuator. It is a relatively precise machine. The purpose of using it is to reduce the speed and increase the torque. It has a wide variety of different models, and different types have different uses. There are many types of reducers,

(1) According to the transmission type, it can be divided into: gear reducer, worm reducer and planetary gear reducer;

(2) According to the number of transmission stages, it can be divided into: single-stage and multi-stage reducers;

(3) According to the gear shape, it can be divided into: cylindrical gear reducer, bevel gear reducer and conical-cylindrical gear reducer;

(4) According to the layout of the transmission, it can be divided into: expandable reducer, shunt reducer and coaxial reducer.

1.6 Features of different reducers

(1) Worm gear reducer

The main feature of the worm gear reducer is that it has a reverse self-locking

function and can have a larger reduction ratio. The input shaft and the output shaft are not on the same axis or on the same plane. In general, the volume is large, the transmission efficiency is not high, and the accuracy is not high.

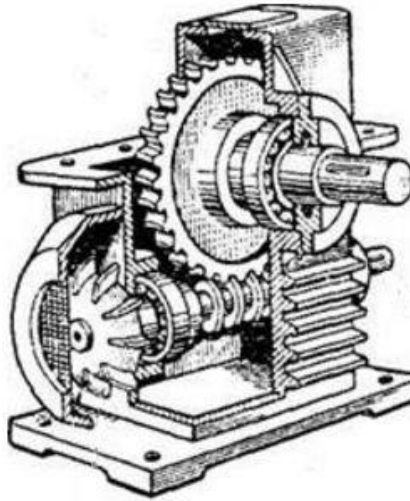


Fig. 4 Worm gear reducer

(2) Harmonic reducer

The harmonic drive of the harmonic reducer uses the controllable elastic deformation of the flexible element to transmit motion and power. The volume is small and the accuracy is high. However, the disadvantage is that the flexible wheel has a limited life and is not resistant to impact. The rigidity is compared with metal parts. The input speed cannot be too high.

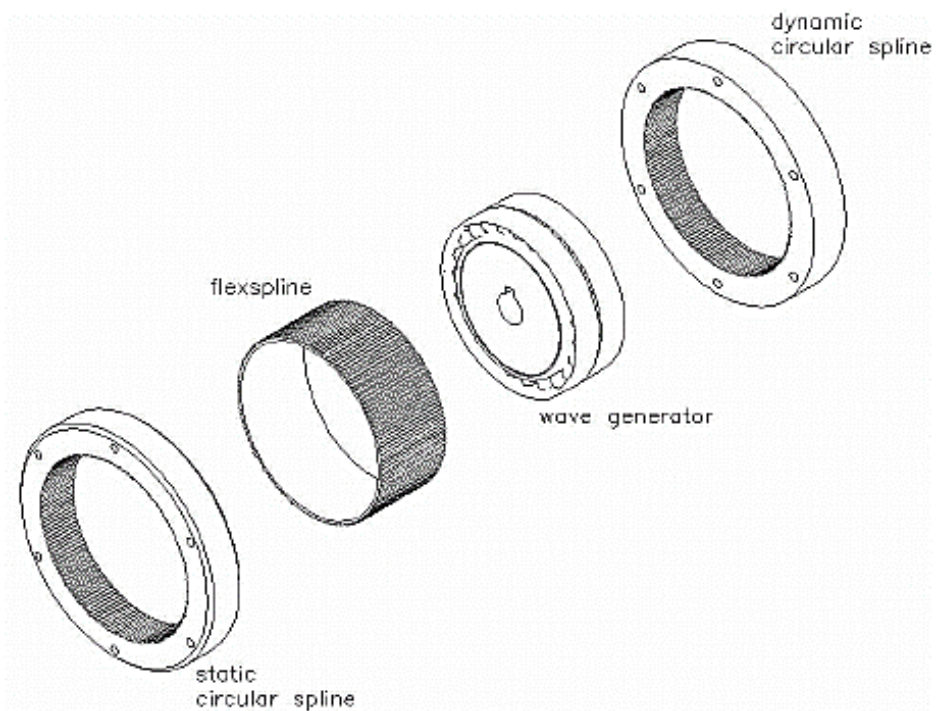


Fig. 4 Harmonic reducer

(3) Gear reducer

The gear reducer has the characteristics of small size and large transmission torque. The gear reducer is designed and manufactured on the basis of the modular combination system. There are a lot of motor combinations, installation forms and structural schemes, and the transmission ratio is finely graded to meet different operating conditions and implement electromechanical integration. The gear reducer has high transmission efficiency, low energy consumption and superior performance.



Fig. 5 Gear reducer

(4) Planetary reducer

The planetary reducer has the advantages of compact structure, small return clearance, high accuracy, long service life, and large rated output torque, but it is expensive.

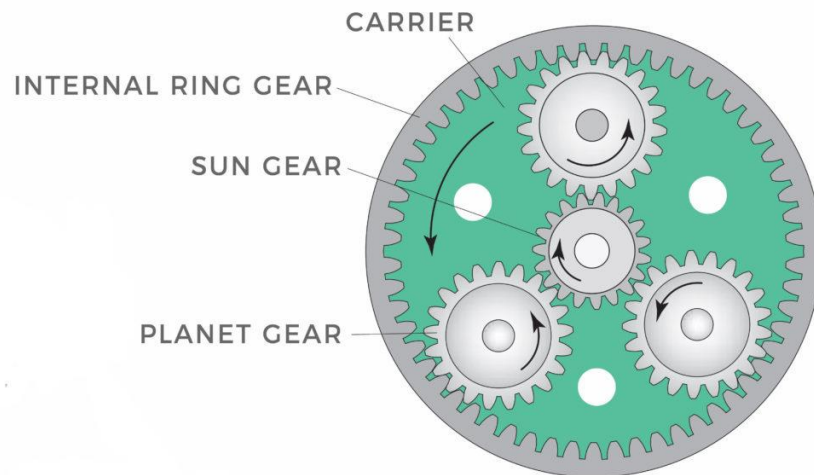


Fig. 6 Planetary gear reducer

(5) Cycloidal pinwheel reducer

Cycloidal pin gear reducer is a transmission model that adopts the principle of

cycloidal pin tooth meshing planetary transmission. It is an ideal transmission device with compact structure, high reduction ratio, high efficiency, small size, low noise and many other advantages. It has a wide range of uses, and it can run positively and negatively.

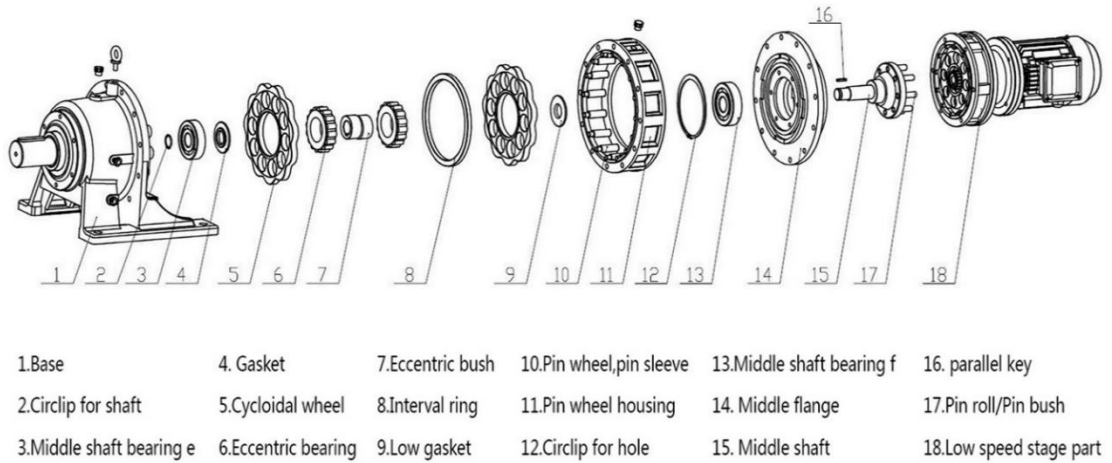


Fig. 7 Cycloid reducer

2. Analysis and design modeling

2.1 Requirements

Since solar panels can also collect energy when they are not completely facing the sun, when the angle of difference is 10 degrees, the energy is reduced by 1.5%. Adhering to the principle of reducing energy use and maximizing the use of solar energy, the electric device does not need to face the sun at all times, and can move intermittently throughout the day, which can reduce energy consumption, but the angle difference cannot be too large for the large amount of energy collected.

In order for the device to be reliable, long-term operation, convenient maintenance and adjustment and calibration in the later period, the speed of the output shaft after the reducer should be larger than 1 revolution/day.

The sun moves westward every hour, passing 15 degrees of longitude every hour. The direct sun point moves back and forth on the Tropic of Cancer every year. In the calculation, roughly 0.25 degrees of latitude can be moved every day. Let us determine the two-axis rotation system.

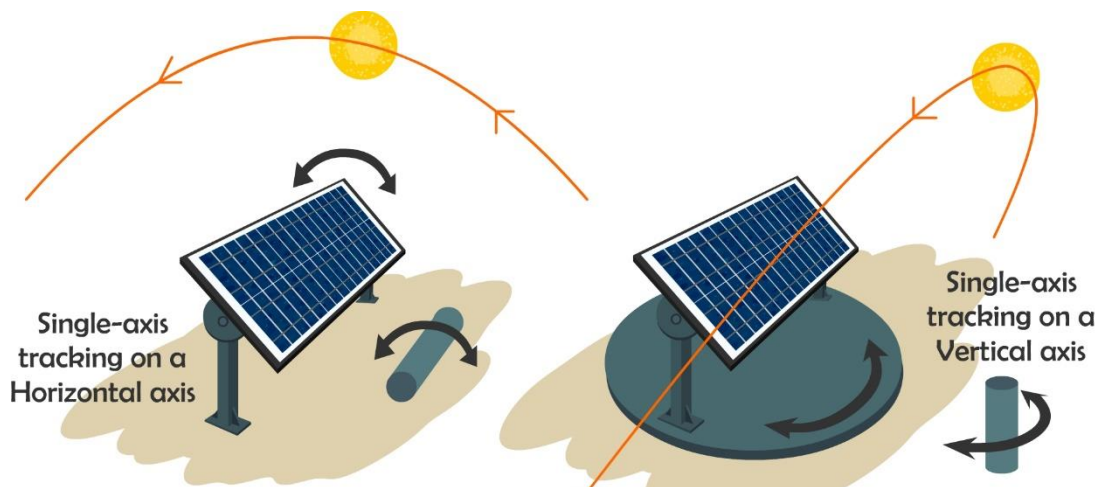


Fig. 7 The movement of solar panels in the wake of the sun

2.1 Analysis and determination of system operation mode

After demand analysis, the system determined a two-axis one as the drive system. The movement of the earth and the sun is a three-dimensional system. The x-axis is the movement of the sun from east to west caused by the rotation of the earth. The Y-axis is caused by the deflection of the earth's axis and the revolution of the earth. The height of the sun changes every day and the height of the sun changes every season. The Z axis is the change in the distance from the sun caused by the earth's orbit being an ellipse.

We can completely simplify it into a change in a plane:

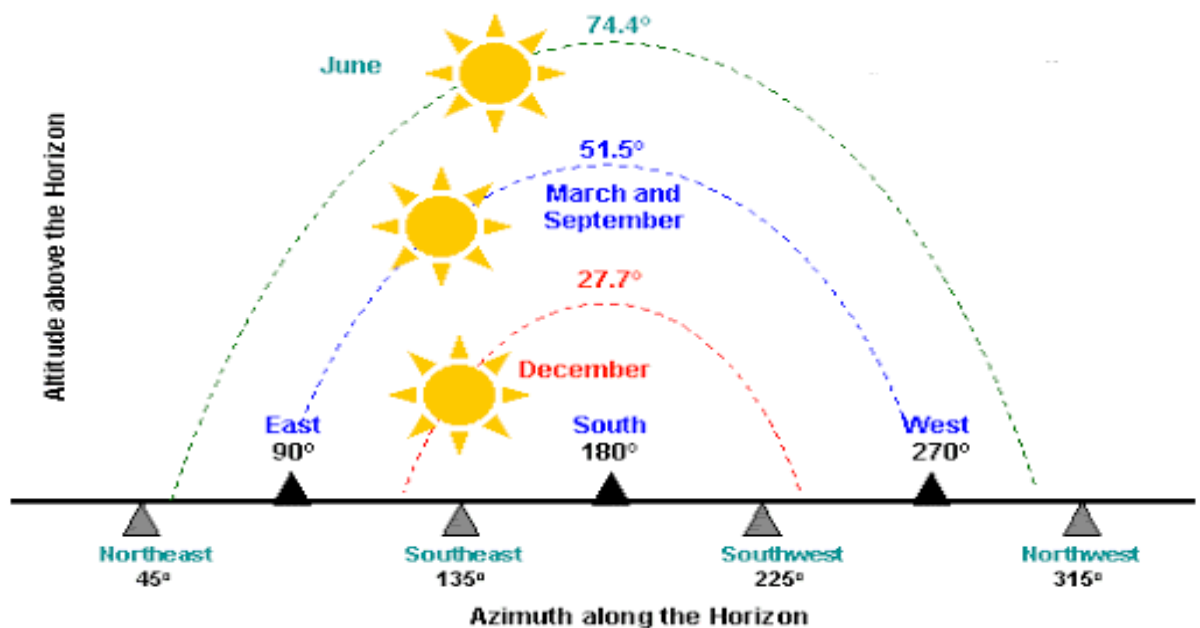


Fig. 8 Make it easier for the sun to move along

For the two-axis transmission system, two drive schemes are designed:

(1) The axis of a reducer is perpendicular to the ground, and a platform is added above. There is a second axis on the platform that controls the pitch of the solar panel. This dual-axis system requires separate control of the two axes and requires a complicated control system. Linking the two axes together makes it difficult to follow

the system procedures for controlling the pitch height, and there are two motors working at all times, which increase energy consumption, and do not actually bring significant energy improvement and profit.

(2) A motor controls the pitch angle of the platform, and there is a reduction gear box on the platform. Such a control mechanism only needs to have a reduction gear box to correspond to the daily changes of the sun. The pitch angle control is carried out by a motor and does not require an extra reducer. Because the direct sun point moves back and forth on the Tropic of Cancer every year. In the calculation, roughly 0.25 degrees of latitude can be moved every day. You only need to exercise once in four days or longer, and you can increase or decrease 1-2 degrees at a time.

The advantage of this dual-axis drive mechanism is that although it is a two-axis drive, the motor controlling the pitch has a short running time throughout the year and low energy consumption. This motor can even be eliminated in the future optimization design to achieve single-motor dual-axis control. Only one reducer is needed in the system. This design reduces a lot of cost input, and is lower in energy consumption, in fact, it can bring significant energy improvement and economic benefits.

2. 2 The gear ratio

After market comparison, a speed-regulating geared motor was selected. This geared motor is composed of a reduction gear box and a motor. The rated speed of the motor is 1350 rpm.



Fig. 9 The purchased gear motor

The reduction gearbox provides a reduction module with a variety of gear ratios, and the gearbox has the best performance under the condition of three-stage transmission. The gear ratios under the three-stage transmission are 37, 41, 50, 60, 75.



Fig. 10 Gearbox of geared motor

In order to have the greatest deceleration effect under the best performance, a gear ratio of 75 was selected, so that the output speed of the overall geared motor is $1350/75=18$ revolutions per minute

The number of output circles a day is:

$$18 \times 60 \times 24 = 25920 \text{ revolutions/day}$$

Due to the reliability of the device, long-term operation, convenient maintenance and adjustment and calibration in the later period, the speed of the output shaft after the reducer should be greater than 1 revolution/day. So the transmission ratio $i < 25920$.

2.3 The type of reducer

Clearly follow the solar system's demand for reducers:

(1) In order to make solar energy accumulation popular, it is necessary to choose the right panel: large-scale multi-group solar panels in power stations, but small solar panels for household use. Therefore, the size of the reducer should be small.

(2) The transmission ratio of the reducer should be around 20000, so the reducer must meet a large transmission ratio.

(3) Because of the slow operation, the extension cord is the high-precision reducer.

(4) Under the conditions of economy and productivity, the reducer is required to have high transmission efficiency, which can reduce energy loss. It is important to reach the optimal plan.

After comparing the requirements, the cycloid reducer meets the above requirements.

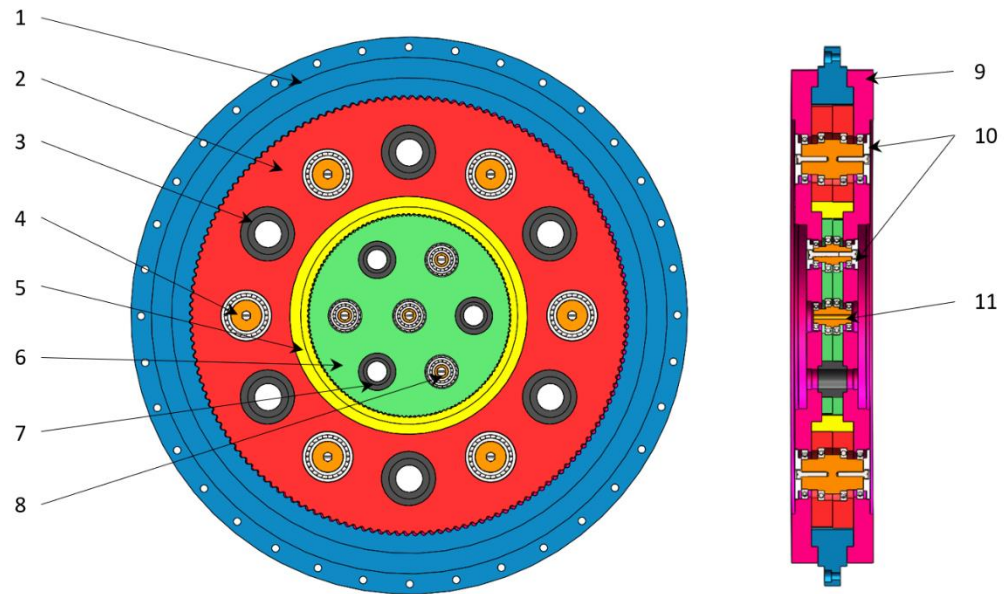


Fig.11 Radially positioned two-stage gearbox

1- The internal gear of the second-stage reducer, 2- the gear of the second-stage reducer, 3- eccentric support, 4- eccentric bushing and support, 5- the internal gear of the first-stage reducer, which is the eccentric input shaft of the second-stage reducer, 6-gear of the first-stage reducer, 7-eccentric support, 8-eccentric bushing and support, 9-box end cover, 10-shaft end cover, 11-eccentric input shaft.

The output shaft of the first-stage reducer is used as the input shaft of the second-stage reducer, and the output shaft of the first-stage reducer is also an eccentric shaft, eccentricity $e_2=r_2/2$.

Consider the layout model of the axial multi-stage reducer, take 150*160 as an example

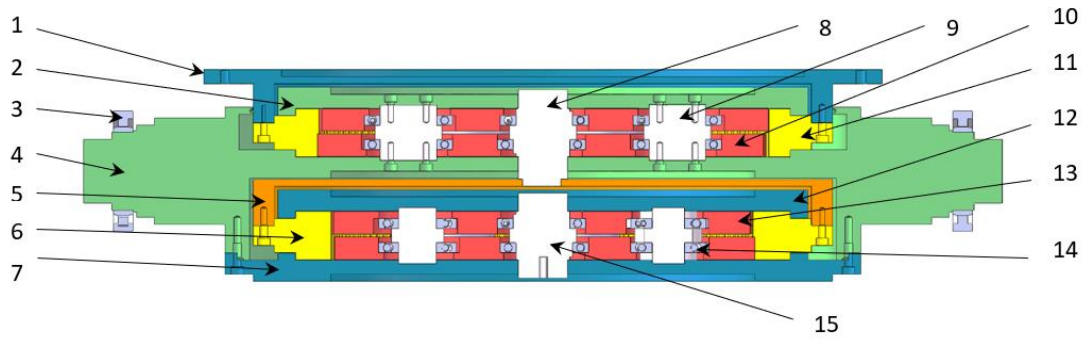


Fig. 12 Axial two-stage gearbox

The output shaft of the first-stage reducer is used as the input shaft of the second-stage reducer. The output shaft of the first-stage reducer is connected with the flange, and the eccentric input shaft of the second-stage reducer is connected by splines.

1-output flange, 2-end cover of the second-stage reducer, 3-bearing, 4-box, 5-flange, 6-internal gear of the first-stage reducer, 7-first-stage reducer $\Pi\check{\text{c}}\text{e}\text{r}\text{a}$, 8-eccentric shaft, 9-eccentric bushing and support, 10-second-stage reducer gear, 11-second-stage reducer internal gear, 12-first-stage reducer end cover, 13- first-stage reducer gear, 14-bearing, 15-eccentric input shaft.

2.4 Optimal transmission design

Adhering to the idea of cost reduction and simple and reliable structure design, the design of the reducer was optimized. A large number of bearings are used in the original reducer. The function of the bearings is to reduce friction and make the system run smoothly. However, the operating speed of the solar panel is very slow, and the reducer also needs the bearing capacity, which is the bearing capacity in the axial direction. This requires special bearings which undoubtedly increase the cost. The low-speed motion like this can be replaced by bearing bushes, it reduces the cost and

simplifies the structure.

After a rough calculation of the torque, the two-stage reducer arranged in the axial and radial directions can satisfy the drive, but under the condition of the same diameter and size, the two-stage reducer arranged in the axial direction uses more materials. The link flange between the stages increases the complexity of the device, increases the unreliability of the device and the manufacturing and processing costs. Therefore, the reducer is optimized, and the optimized design is shown in the following figure:

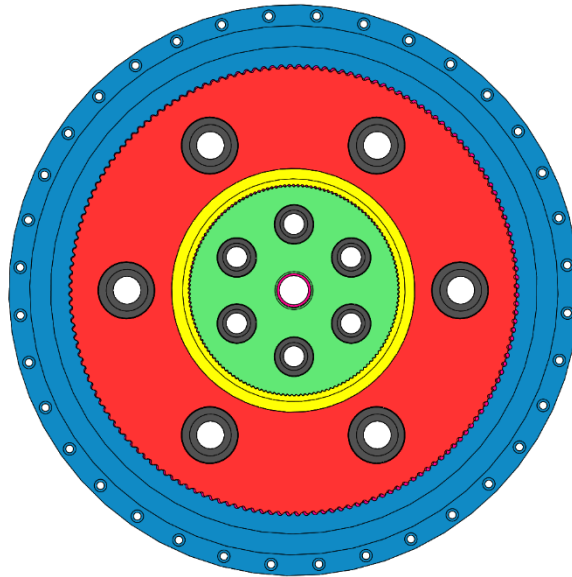


Fig. 13 Optimized axial two-stage gearbox

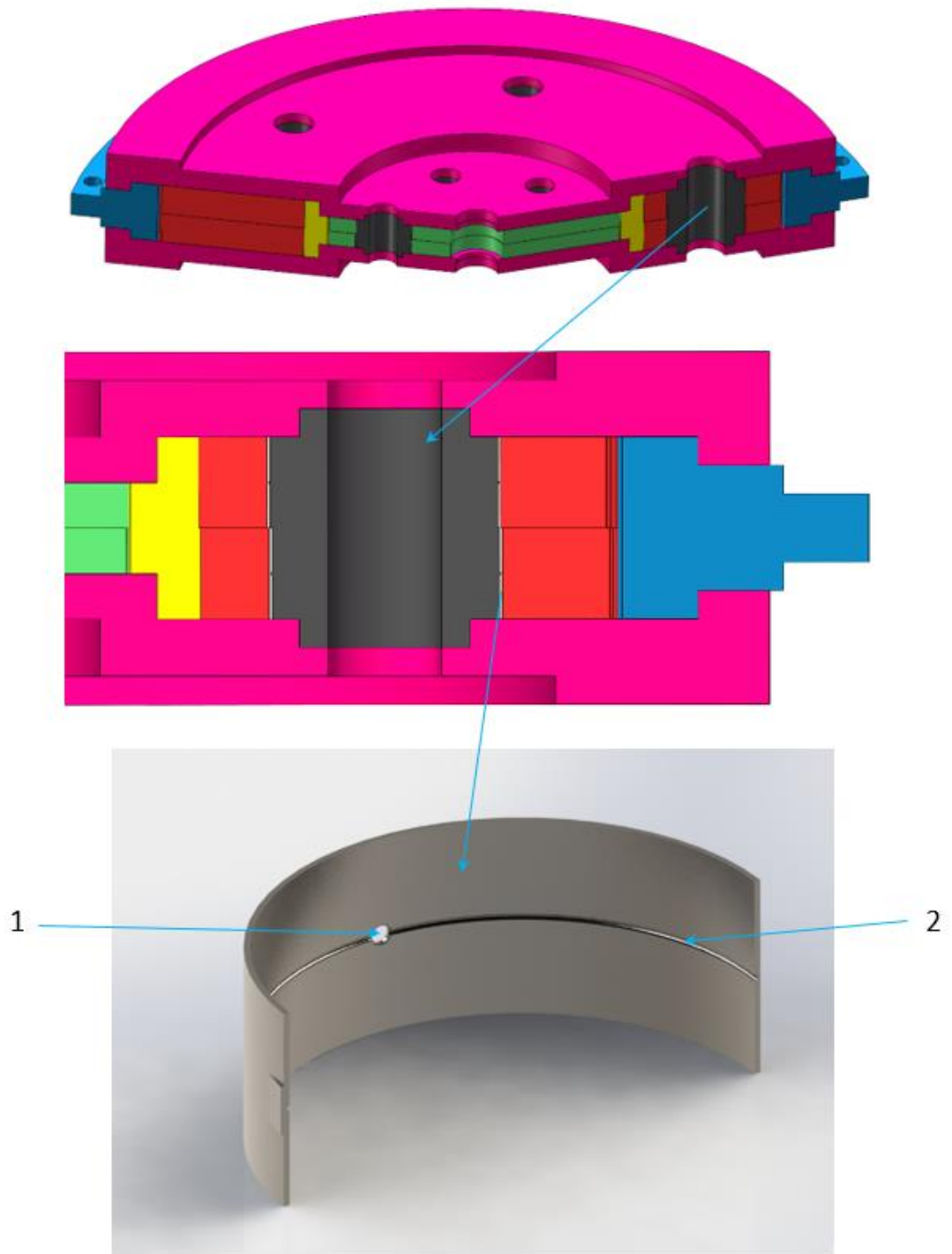


Fig. 14 3D modeling of reducer plan view and bearing bush.

2. 5 Solar panel support design

According to the existing materials, and taking into account the rain and snow in the actual situation, the 6063-T6 aluminum alloy square tube is used to construct the

solar panel frame. The solar panel is made of polysilicon and the output power of the photovoltaic panel is 500W. It is planned to install 6 boards, the total power is 1800W, the total output power is 3KW, and the production unit aging is 20min/kwh. The volume data of the solar panel is 1640*986*40mm. The flange is welded from the bottom to facilitate the connection of the bracket and reducer with bolts.

In addition to supporting solar panels, the frame also has to deal with bad weather. When building large solar power plants and small household power plants, the location must be an open area. These locations require certain wind resistance and wind dredging capabilities. On the other hand, regions with higher latitudes like Russia have large areas of land and are sparsely populated. They have long sunshine hours in summer and are suitable for the construction of a large number of solar power plants. At the same time, it is necessary to solve the snow removal work of snow in winter. After design, the model is established as follows:

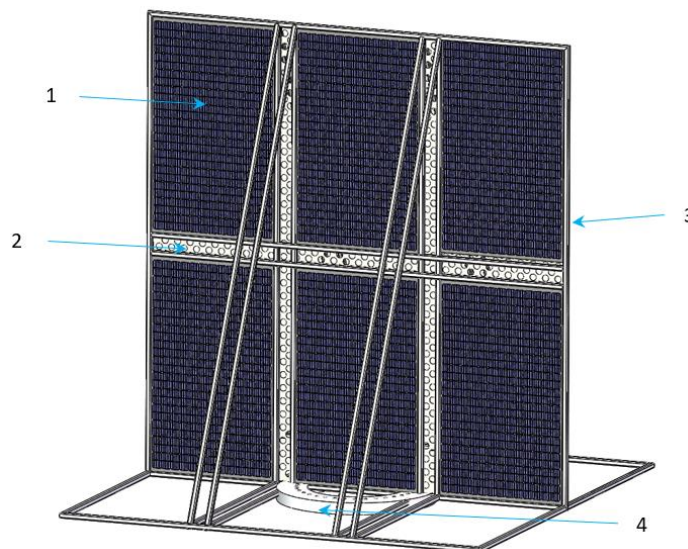


Fig.15 A solar framing assembly and solar version in solidworks

1-Solar panel, 2-fixed orifice plate, 3-aluminum alloy frame, 4-flange

2. 6 Design of pitch mechanism

Since the pitch mechanism does not need to work for a long time, the auxiliary platform moves 0.25 degrees every day, so a threaded gear is used to control the lifting, and the gear is driven by the input power of the motor. The thread locks are under the action of gravity. The design model is as follows:

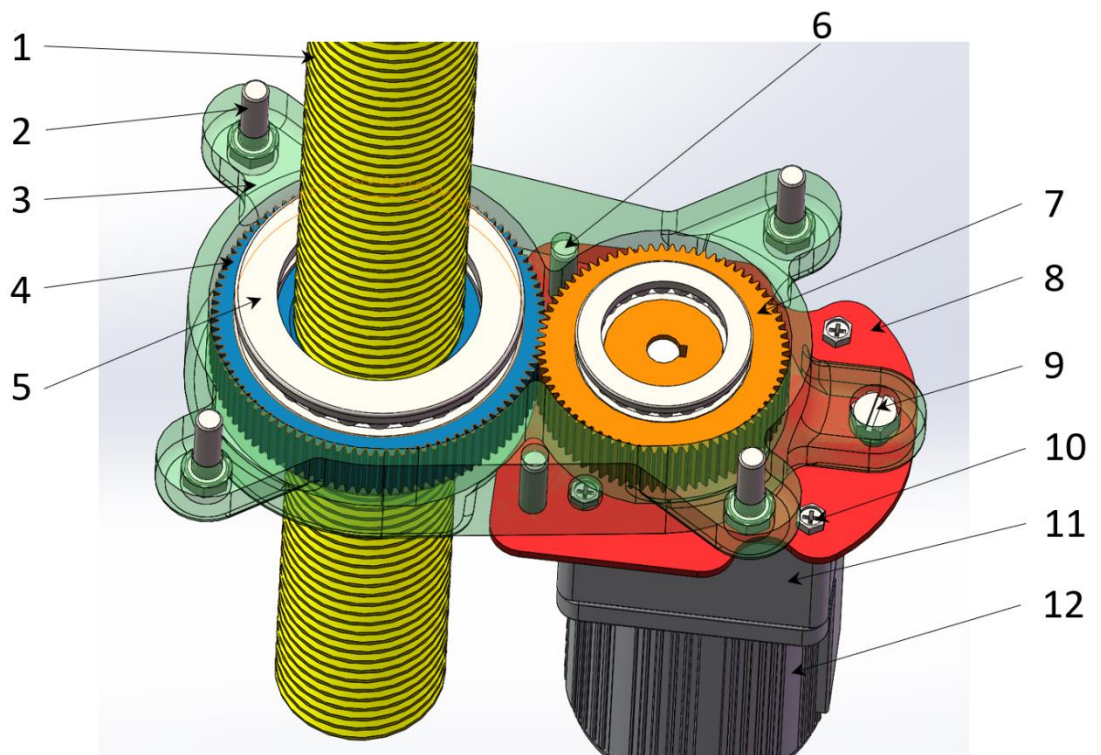


Fig.16 3D model of the stepping mechanism of a control system in

SOLIDWORKS

1-threaded rod, 2-case fixing bolt, 3-shell, 4-internally threaded external gear, 5-bearing, 6-bolt for fixing the motor bracket, 7-input gear, 8-motor bracket, 9-fixed Motor bracket bolts, 10-fixed motor bolts, 11-motor reducer, 12-motor

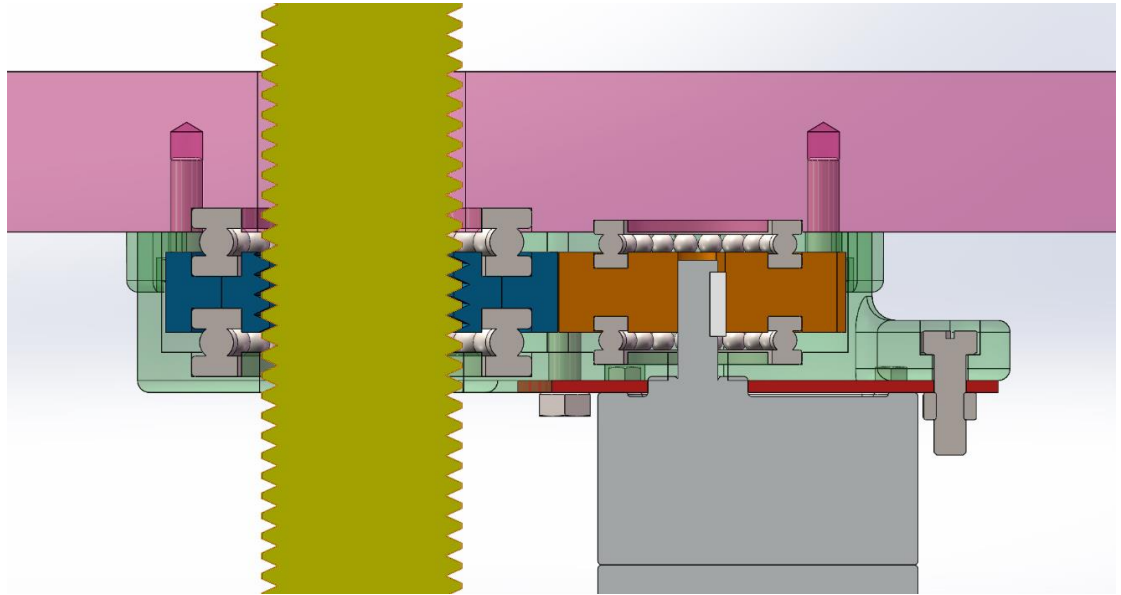


Fig. 17 Plan view of the 3D model of the stepping mechanism of the control system in SolidWorks

2.7 Design of power transmission device

Since the solar panel frame will always point to the sun and rotate in a circle every day, the solar panel is an energy harvesting device, and it also outputs electrical energy. Electricity relies on wires for output, but long-term winding of wires will cause damage, and breakage will not work properly. Therefore, under the flange of the solar panel frame, the same coils of positive and negative poles are installed, and two electric brushes of positive and negative poles are installed on the box of the platform, which are output to the energy storage battery. The design is as follows:

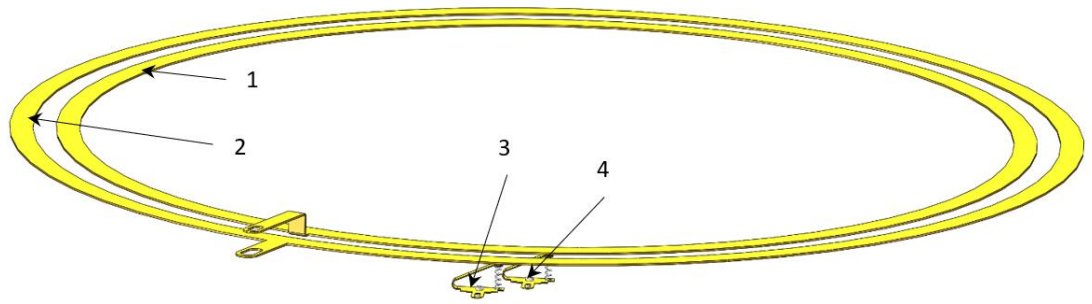


Fig. 18 3D model of power transmission device (a) Copper wire spool and electric brush

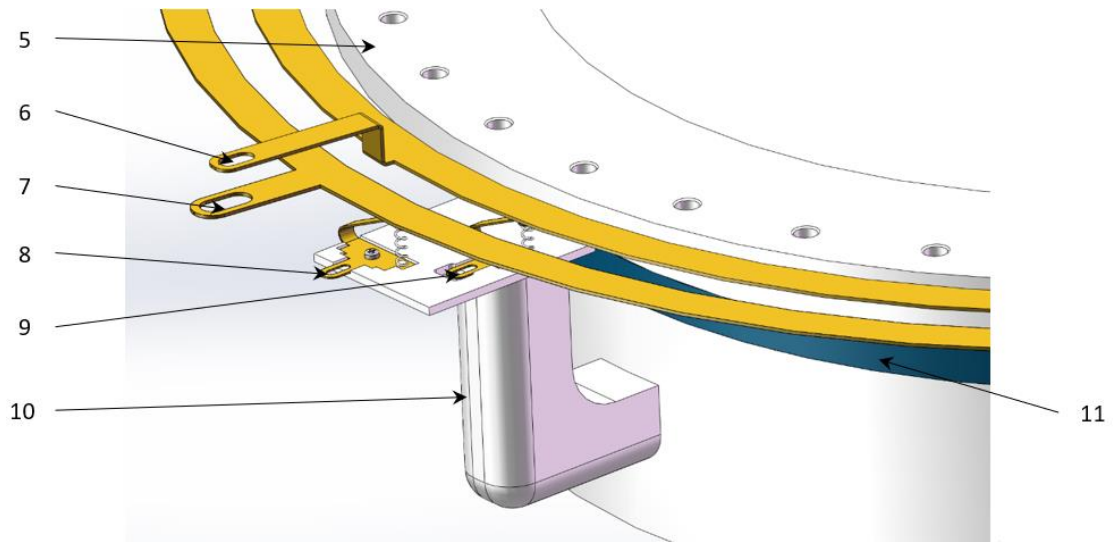


Fig. 19 Three-dimensional model of the power transmission device (b) Fixed brush holder

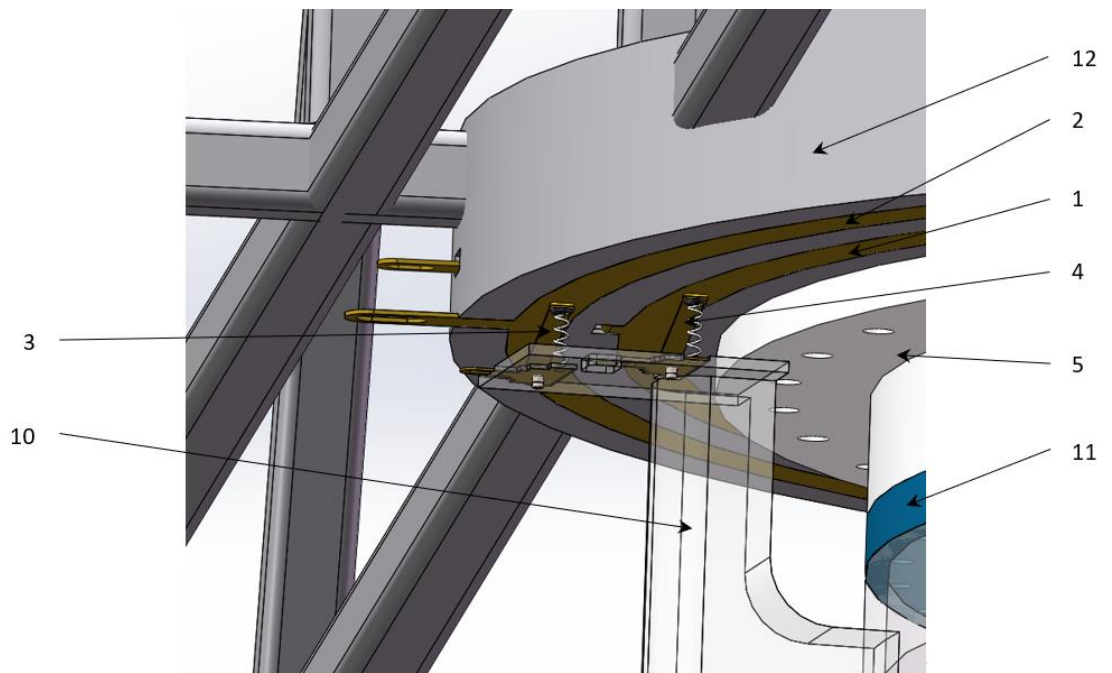
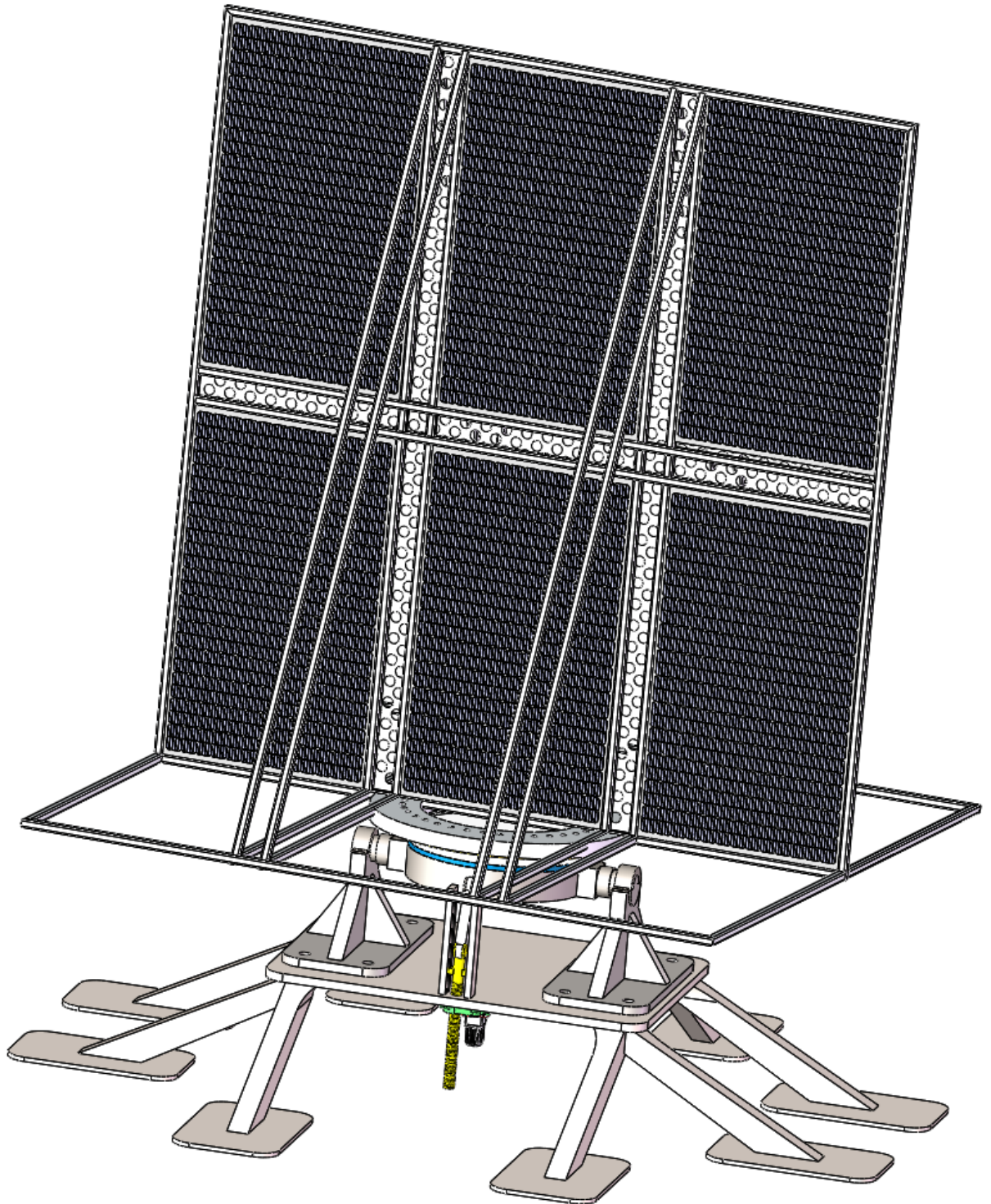


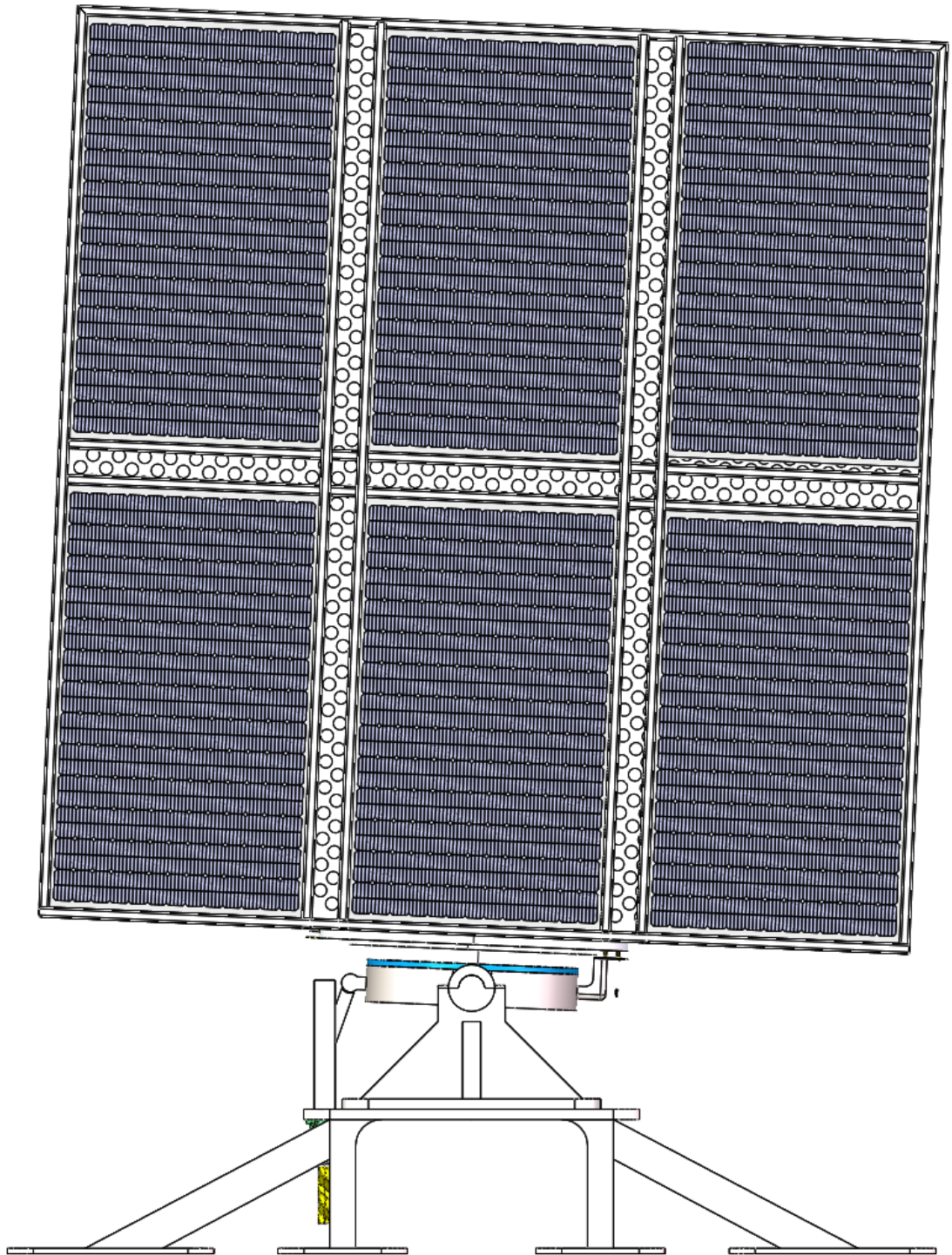
Fig. 27 3D model of the power transmission device (c)

1-positive toroidal same coil, 2-negative toroidal same coil, 3-negative brush, 4-positive brush, 5-reducer flange, 6-solar panel positive input terminal, 7-solar panel negative Input wiring port, 8- Electric brush negative output wiring port, 9- Electric brush positive output wiring port, 10-gearbox housing brush holder, 11-reducer output shaft, 12-flange of solar panel frame.

Приложение Б

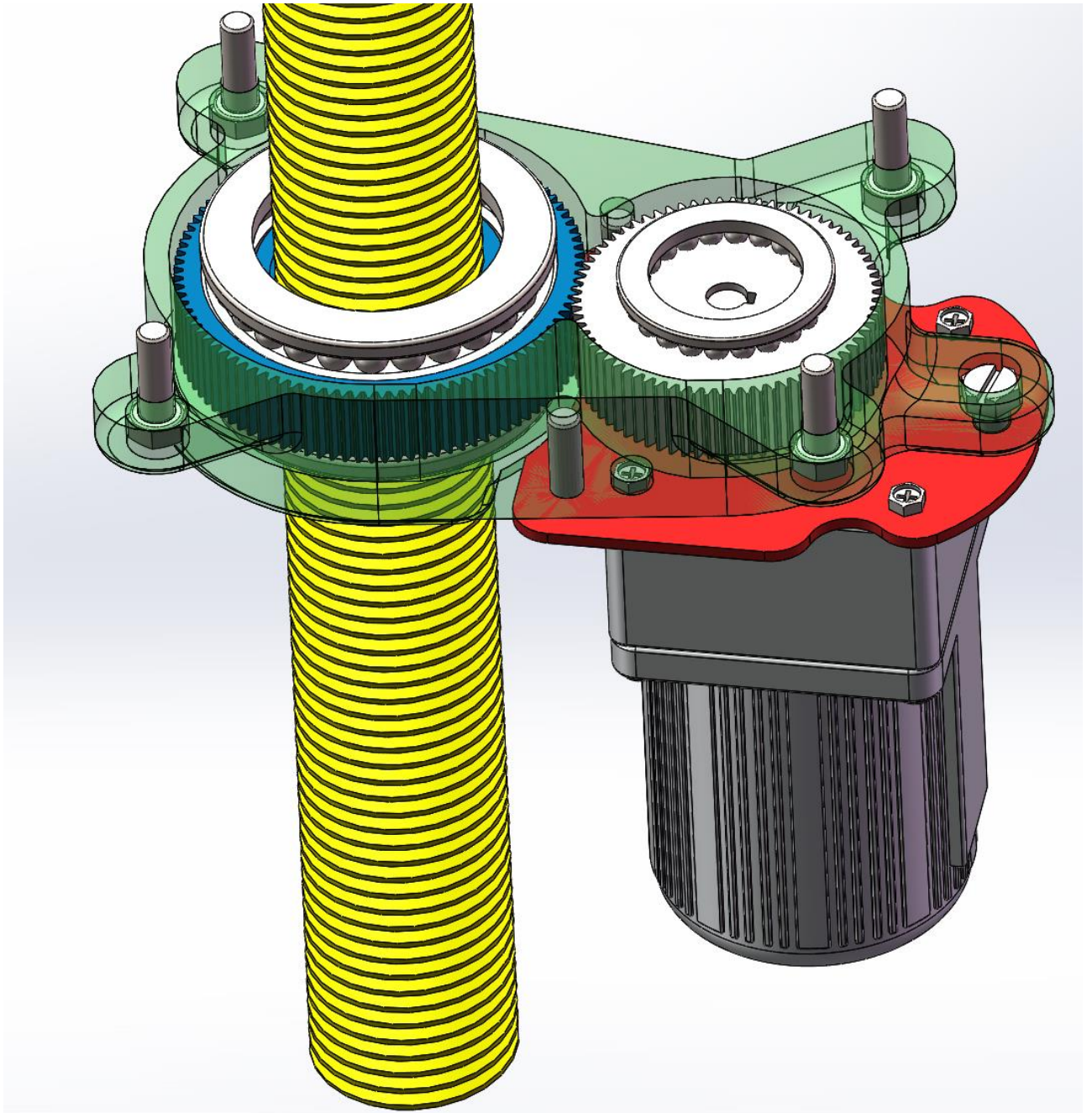
Трехмерная модель





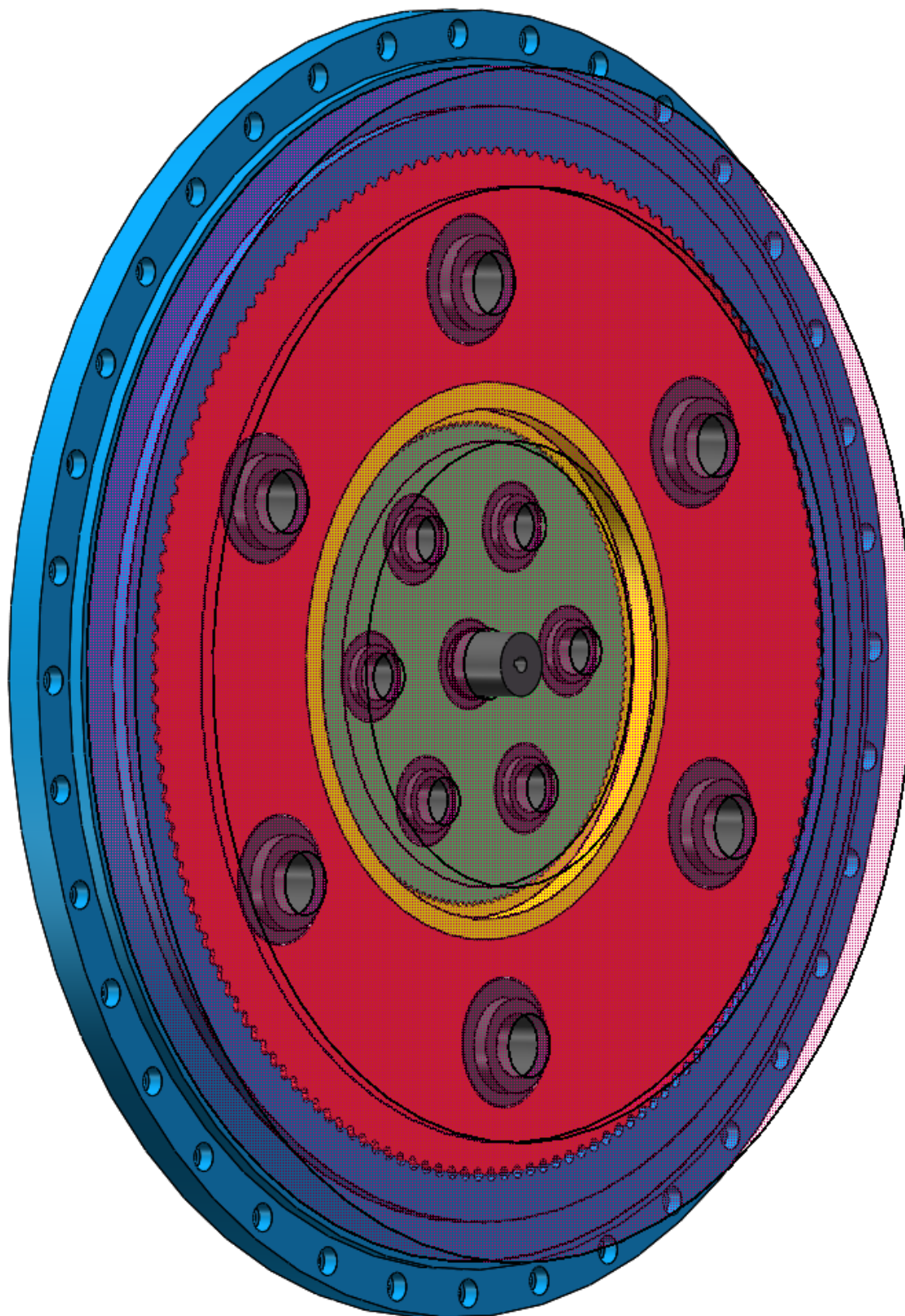
Приложение В

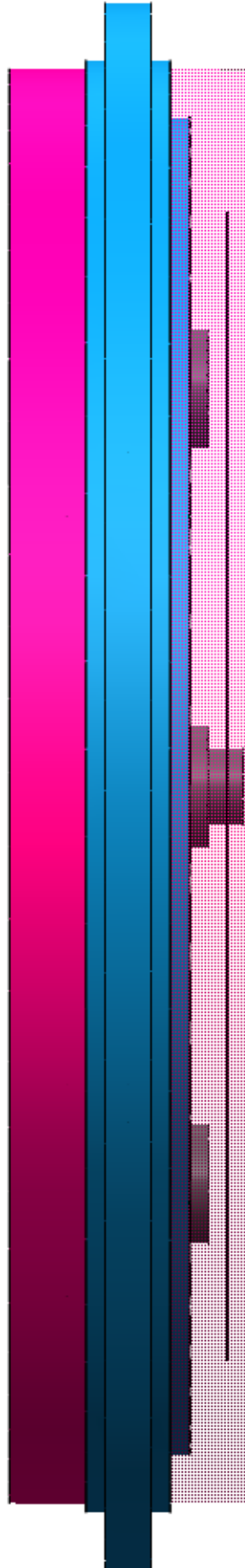
Механизм подачи



Приложение Г

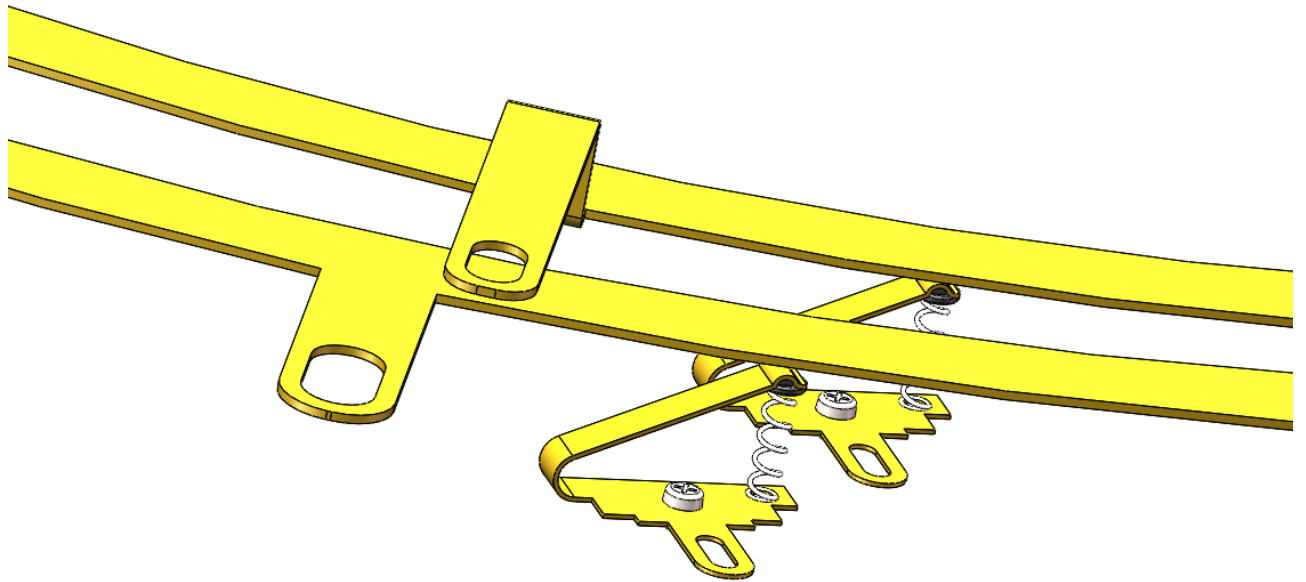
редуктор





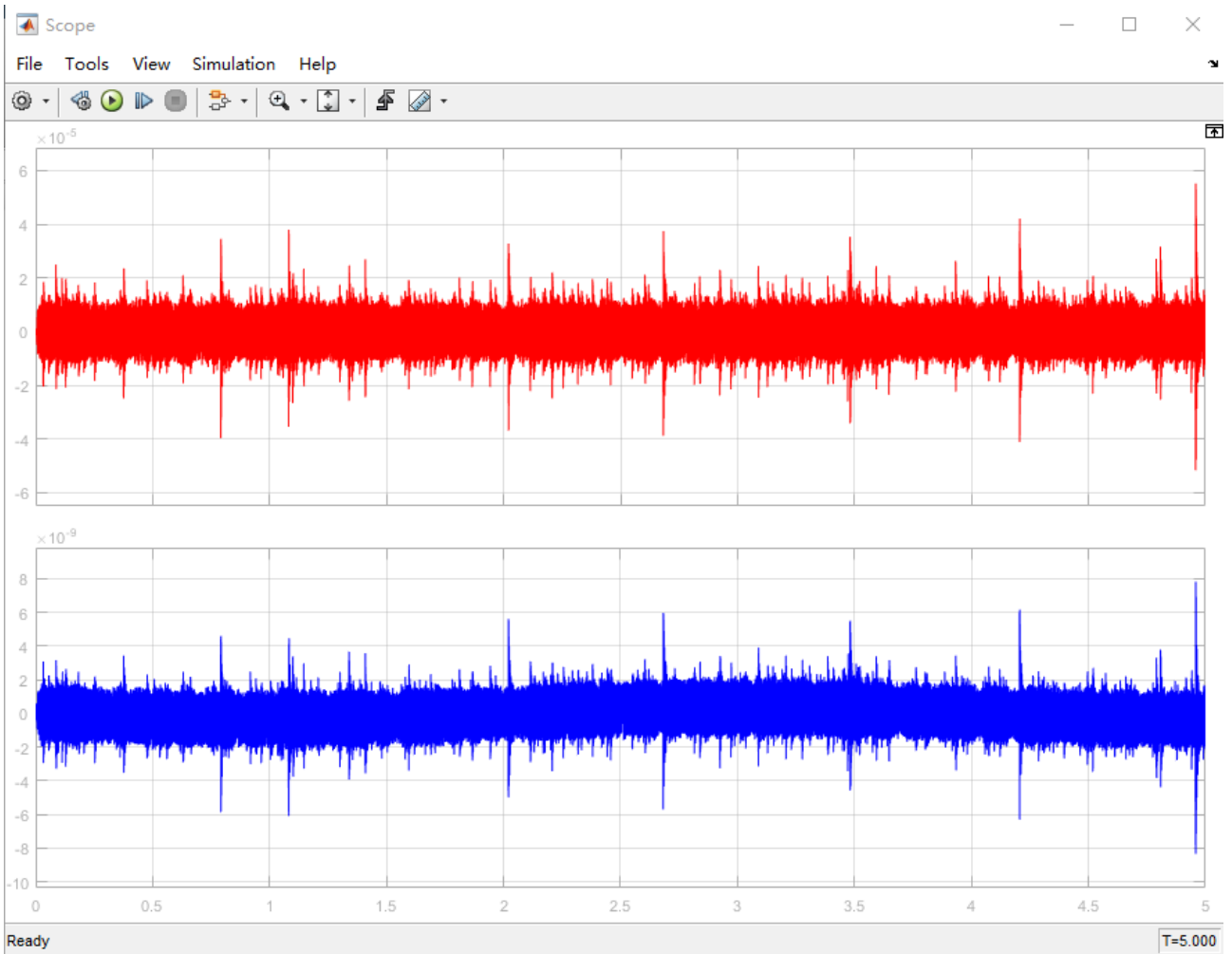
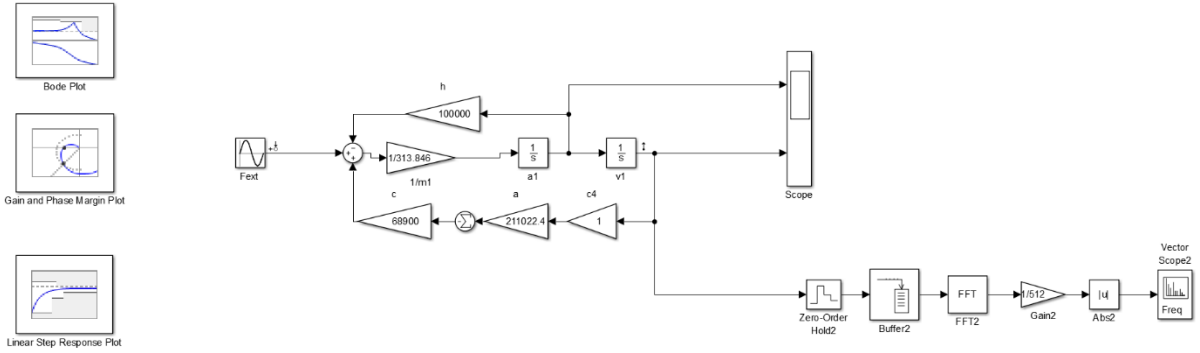
Приложение Д

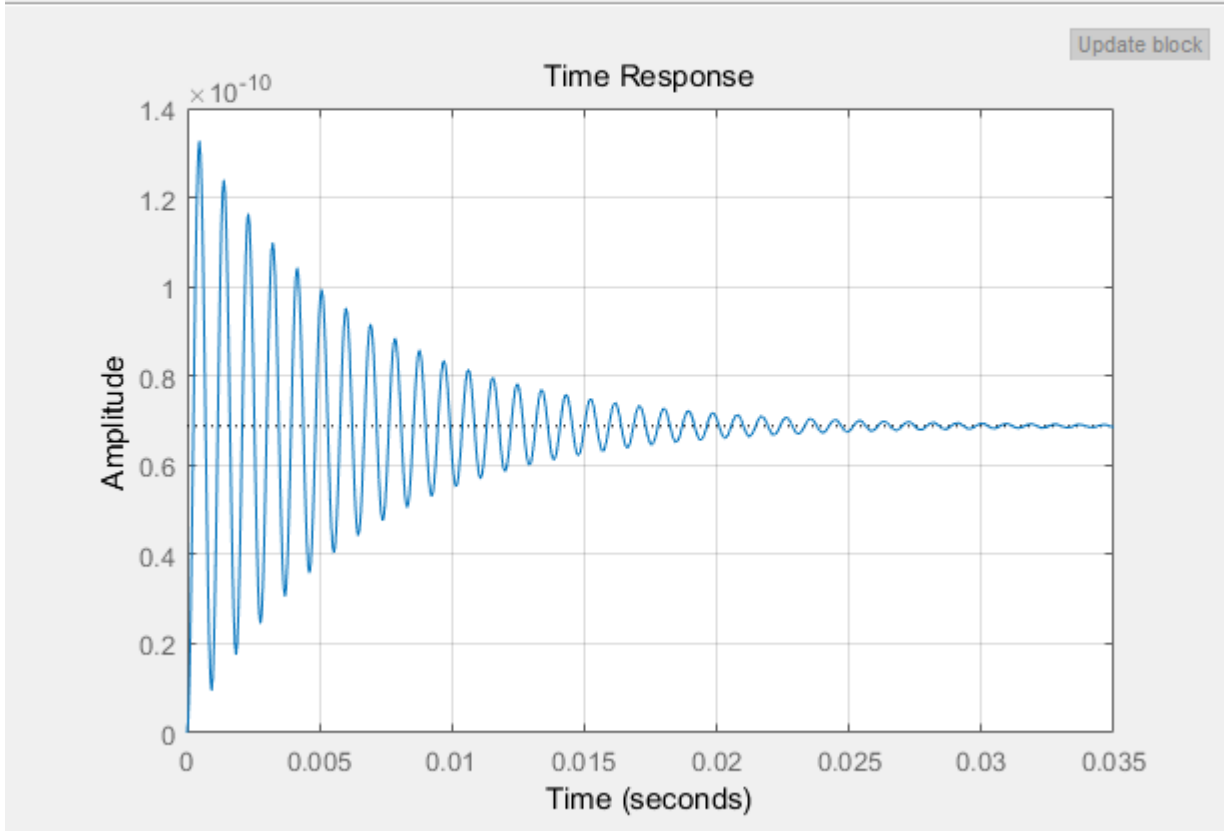
Устройство передачи энергии



Приложение Е

Математическое моделирование





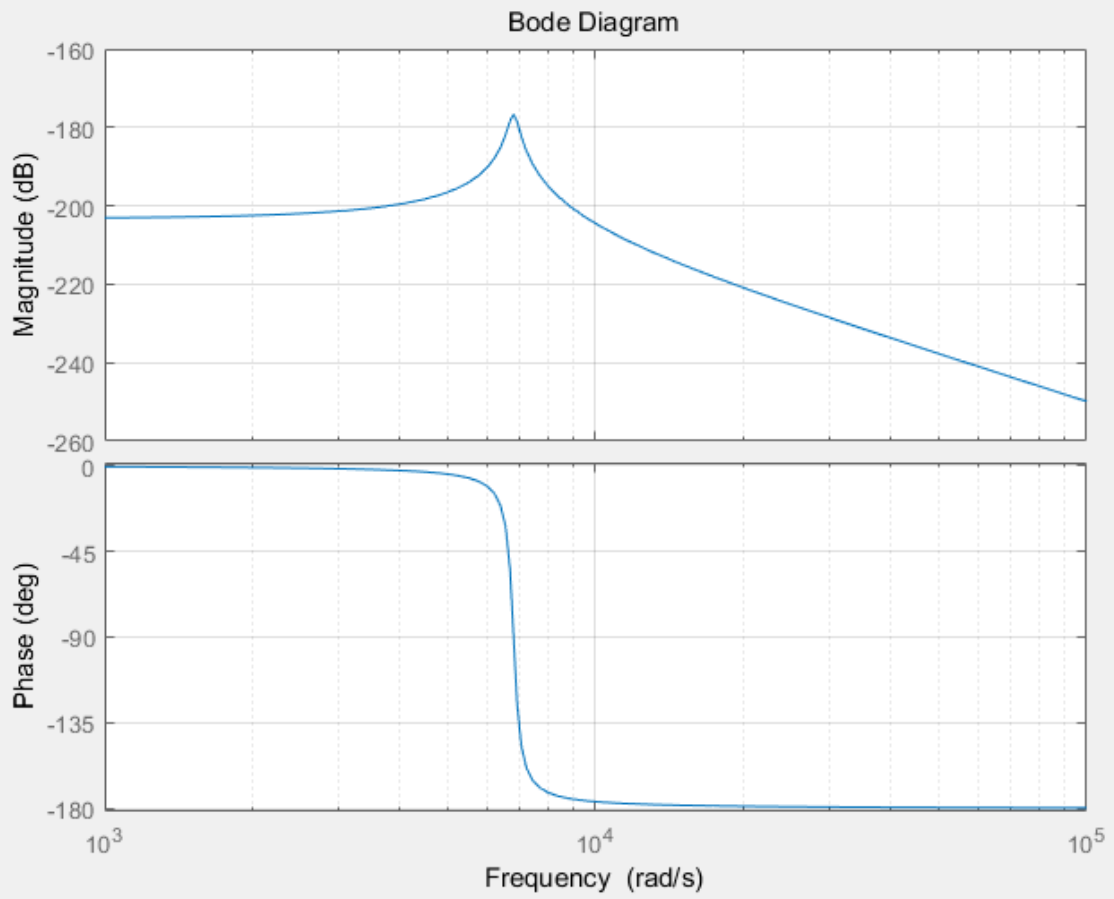
Update block

Ready

T=0.000



Update block



Ready

T=0.000