

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Определение области допустимого качества системы микрогравитации в пространстве ее конструктивных параметров

УДК 004.896:531.51:530.12:517.587

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ91	Чэн Син		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Гайворонский Сергей Анатольевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Гончарова Наталья Александровна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Сидоренко Татьяна Валерьевна	к.п.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Гайворонский Сергей Анатольевич	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

15.04.04 – Автоматизация технологических процессов и производств (Киберфизическая автоматизация технологических процессов и производств)

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, самостоятельно изучать научно-техническую документацию своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен определить математическую и техническую сущность задач и провести их качественно-количественный анализ
ОПК(У)-3	Способен на основании статистических методов участвовать в проведении корректирующих и превентивных мероприятий, направленных на улучшение качества, интерпретировать и представлять результаты
ОПК(У)-4	Способен анализировать полученные результаты измерений на основе их физической природы и принимать обоснованные решения в области профессиональной деятельности
Профессиональные компетенции выпускников	
ПК(У)-1	Обладает способностью разрабатывать технические задания на модернизацию и автоматизацию действующих производственных и технологических процессов и производств, технических средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний, новые виды продукции, автоматизированные и автоматические технологии ее производства, средства и системы автоматизации, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством;
ПК(У)-2	Обладает способностью проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемой продукции, автоматизированных и автоматических технологических процессов и производств, средств их технического и аппаратно-программного обеспечения;

ПК(У)-3	Обладает способностью: составлять описание принципов действия и конструкции устройств, проектируемых технических средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний технологических процессов и производств общепромышленного и специального назначения для различных отраслей национального хозяйства, проектировать их архитектурно-программные комплексы;
ПК(У)-4	Обладает способностью разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты автоматизированных и автоматических производств различного технологического и отраслевого назначения, технических средств и систем автоматизации управления, контроля, диагностики и испытаний, систем управления жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизации проектирования, отечественного и зарубежного опыта разработки
ПК(У)-5	Обладает способностью разрабатывать функциональную, логическую и техническую организацию автоматизированных и автоматических производств, их элементов, технического, алгоритмического и программного обеспечения на базе современных методов, средств и технологий проектирования;

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ _____ Гайворонский С. А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерская диссертация

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ91	Чэн Син

Тема работы:

Определение области допустимого качества системы микрогравитации в пространстве ее конструктивных параметров
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 50-14/с от 19.02.2021
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Параметры системы микрогравитации:</i></p> <p>$K_2 = 2 ; K_0 = 14 ; K_{yc} = 25 ; R_y = 30 ;$</p> <p>$C_m = 0.1 ; i = 25 ; R_k = 0.05 ;$</p> <p>$m_2 = 180 ; g = 9.8 ; K_g = 1 .$</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Построение принципиальной, функциональной и структурной схем системы микрогравитации. 2. Получение передаточной функции замкнутой системы микрогравитации по управлению и ее характеристического уравнения. 3. Построение интервального полинома системы с желаемым качеством. 4. Построение области допустимых значений конструктивных параметров системы микрогравитации. 5. Разработка программного обеспечения и написать руководство по работе с программой 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность. 8. Выводы по результатам работы.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Схема раскрытия механической системы спутника. 2. Схема объекта управления горизонтального канала. 3. Схема автоматизированного стенда микрогравитации. 4. Функциональная схема системы микрогравитации. 5. Функциональная схема с структурной схемой звена объекта регулирования. 6. Математические модели звеньев. 7. Структурная схема САР. 8. Область допустимых значений неустойчивых параметров САР. 9. Моделирование САР в Simulink Matlab. 10. Блок-схема построения области допустимых значений конструктивных параметров САР. 11. Руководство по работе с программой.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Гончарова Наталья Александровна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин Андрей Александрович</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Математическая модель системы микрогравитации</p>	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

<p style="text-align: center;">Должность</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Ученая степень, звание</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p>Доцент ОАР ИШИТР</p>	<p>Гайворонский С. А.</p>	<p>к.т.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p style="text-align: center;">Группа</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p>8ТМ91</p>	<p>Чэн Син</p>		

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, 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)
20.02.19	<i>Получение математическая модель системы микрогравитации с конструктивными параметрами</i>	15
15.03.19	<i>Построение интервального полинома системы с желаемым качеством</i>	15
01.04.19	<i>Построение области допустимых значений конструктивных параметров САР</i>	15
15.04.19	<i>Разработка программного обеспечения и написать руководство по работе с программой</i>	15
04.05.19	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
12.05.19	<i>Социальная ответственность</i>	10
16.05.19	<i>Выводы по результатам работы</i>	10
30.05.19	<i>Оформление ВКР</i>	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Гайворонский С. А.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Гайворонский С. А.	к.т.н., доцент		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8TM91	Чэн Син

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Определение области допустимого качества системы микрогравитации в пространстве ее конструктивных параметров	
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<i>Проведение предпроектного анализ: оценка потенциальных потребителей, SWOT анализ, определение возможных альтернатив проведения НИ.</i>
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	<i>Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИИ, разработка графика проведения НИИ, планирование бюджета НИИ.</i>
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	<i>Расчёт интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности для всех видов исполнения НИИ.</i>
Перечень графического материала:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ 	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.02.2021 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Гончарова Наталья Александровна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ91	Чэн Син		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ91	Чэн Син

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Определение области допустимого качества системы микрогравитации в пространстве ее конструктивных параметров	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Характеристика объекта исследования:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ динамических свойств системы микрогравитации с конструктивными параметрами. <p><i>Области применения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Система автоматизации.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – правовые нормы трудового законодательства; – нормы времени работы и отдыха с использованием ПК; – конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов;
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p><i>Анализ выявленных вредных факторов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – недостаточная освещенность; – повышенный уровень шума; – повышенный уровень электромагнитного и электрического излучения; <p><i>Анализ выявленных опасных факторов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – электрический ток.
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия разработки на литосферу.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p><i>Наиболее типичная ЧС – пожар.</i></p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ91	Чэн Син		

Реферат

Выпускная квалифицированная работа содержит 114 страниц текста, 29 рисунков, 22 таблиц.

Ключевые слова: система микрогравитации, конструктивные параметры, интервальные характеристические полиномы, область допустимых значений конструктивных параметров, желаемое качество, спутник, горизонтальный канал, C#.

Объектом исследования является система микрогравитации с конструктивными параметрами в пространстве.

Цель работы – определение области допустимого качества системы микрогравитации в пространстве ее конструктивных параметров.

В процессе выполнения работы использовалась теория автоматического управления и математический аппарат интервального анализа.

Область применения: разработка систем автоматического управления с интервально-неопределенными или изменяющимися в некоторых пределах параметрами.

При выполнении ВКР разработана структурная схема системы микрогравитации, получена ее передаточная функция и характеристический полином. Для определения допустимых пределов их изменения использовался метод определения допустимых пределов коэффициентов полинома системы с желаемым качеством. Из него были определены области допустимых значений конструктивных параметров m_k и l системы микрогравитации. Для проверки полученных результатов проведено моделирование САР в Simulink Matlab и установлено, что система при изменении m_k и l сохраняет устойчивость с заданным качеством.

Наконец, был разработан решатель области конструктивных параметров с использованием языка программирования C # в среде Microsoft visio studio, основанный на алгоритме построения области допустимых значений конструктивных параметров САР.

Рассмотрены вопросы финансового менеджмента, ресурсоэффективности, ресурсосбережения и социальной ответственности.

Оглавление

Введение.....	15
1 Математическая модель системы микрогравитации.....	18
1.1 Функциональная схема системы микрогравитации	18
1.2 Математические модели звеньев.....	21
1.3 Структурная схема системы микрогравитации	23
1.4 Передаточная функция САР	25
2 Построение интервального полинома системы с желаемым качеством.....	27
2.1 Коэффициентные показатели качества.....	27
2.2 Методика определения допустимых пределов коэффициентов полинома	28
3 Построение области допустимых значений конструктивных параметров САР	31
3.1 Определение интервалов коэффициентов полинома САР с заданной секторной устойчивостью и минимальной степенью устойчивости.....	31
3.2 Построение области конструктивных параметров САР	32
3.3 Моделирование САР с допустимыми значениями интервальных параметров	33
4 Разработка программного обеспечения	39
4.1 Алгоритм построения области допустимых значений конструктивных параметров САР	39
4.2 Программирование алгоритма	40
4.3 Руководство по работе с программой	40
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	44
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	44
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	44
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	45

5.1.3	Технология QuaD	47
5.1.4	SWOT-анализ.....	50
5.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	55
5.3	Планирование научно-исследовательских работ.....	56
5.3.1	Структура работ в рамках научного исследования	56
5.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ	58
5.3.3	Разработка графика проведения научного исследования	62
5.3.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	63
5.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	69
6	Социальная ответственность	72
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
6.2	Производственная безопасность.....	74
6.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследования	75
6.2.2	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	79
6.3	Экологическая безопасность.....	80
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	81
6.5	Выводы по разделу.....	82
	Заключение	84
	Список используемых источников.....	85
	Приложение А (обязательное) Программа решателя ОКП	88
	Приложение Б.....	102

Введение

Наземные испытания развертывания крупногабаритных космических конструкций (КГКК), предназначенных для работы в условиях невесомости становятся всё более актуальными. Примером КГКК могут быть антенны солнечных батарей, раскрываемых из транспортировочного положения в рабочее после вывода космического спутника на заданную орбиту.

Актуальность испытаний объясняется тем, что необходимо проверить надежность работы космической техники в наземных условиях [1]. Для такой проверки разрабатываются специальные испытательные стенды. На таких стендах создаются условия микрогравитации, что позволяет испытывать динамические свойства КГКК в условиях, приближенных к условиям невесомости [2].

Имитация невесомости в земных условиях может выполняться следующими способами [3]:

1. свободным падением;
2. нейтральной плавучестью (гидроневесомостью);
3. обезвешиванием.

Для первого способа используется самолет, который при резком снижении входит в режим невесомости. Недостатками такого испытания являются высокая стоимость, кратковременности невесомости и невозможность испытания крупногабаритными космическими конструкциями.

Микрогравитация за счет гидроневесомости может быть получена в бассейне с водой и так же как и первый способ требует больших затрат и характеризуется сложностью испытаний крупных изделий космических аппаратов.

Микрогравитация за счет обезвешивания достигается с помощью активных силокомпенсирующих электромеханических систем и согласно [2,3,4] является наиболее предпочтительной по сравнению с другими способами.

Обезвешивание космических конструкций с применением

силокомпенсирующих систем реализуется на специальных стендах имитации невесомости. При разработке указанных стендов ставится задача скомпенсировать электроприводами все силы, действующие на звенья КГКК, а именно: силы сухого трения, гравитационные силы, силы инерции присоединённых масс. Если удастся обеспечить их компенсацию, то звенья КГКК при воздействии задающих усилий будут совершать свои движения с требуемыми параметрами. Опыт проектирования стендов микрогравитации показывает, что сложные пространственные движения звеньев КГКК могут быть реализованы путем разделения их пространственных перемещений на вертикальную составляющую движения и горизонтальную составляющую [5].

Компенсация затрудняющих движение звена КГКК сил при их вертикальных и горизонтальных перемещениях обеспечивается регулируемыми электроприводами, которыми оснащаются силокомпенсирующие системы управления. С их помощью при воздействии на звено КГКК возмущающей силы звено будет двигаться в вертикальном и горизонтальном направлениях со скоростью и ускорением, которые зависят от величины внешнего усилия и временем его действия.

На основе изложенного можно заключить, что проектирование стендов микрогравитации является важной и актуальной задачей и позволяет испытывать динамику раскрытия сложных механических конструкций космических аппаратов в условиях, приближенных к условиям невесомости.

В данной работе была разработана горизонтальная система микрогравитации. В этой системе при действии внешней силы в горизонтальном направлении каретка, к которой подвешено звено механической системы (МС), будет двигаться в направлении движения звена с его скоростью и ускорением, тем самым имитируя движение звена МС в условиях невесомости.

Разработан также алгоритм для определения диапазона изменения структурных параметров [6,7] в системе микрогравитации, гарантирующих желаемое качество ее работы [8]. Для автоматизации расчетов разработана

программа определения диапазона изменения структурных параметров. Проведен анализ точности имитации невесомости при различных внешних воздействиях, действующих на МС.

1 Математическая модель системы микрогравитации

1.1 Функциональная схема системы микрогравитации

Моделируем движение спутников в космосе. После успешного запуска и выхода спутника на орбиту складные солнечные панели спутника необходимо развернуть с обеих сторон. В разработанной системе микрогравитации каждая солнечная панель спутника подвешена на веревке в центре тяжести. Когда спутник начинает раскладывать солнечную панель, механическое устройство над веревкой будет следовать направлению разворачивания солнечной панели, чтобы компенсировать трение, гравитацию и инерционную силу, вызванные движением объектов, чтобы реализовать имитацию движения спутника. В условиях микрогравитации. Движение спутника в условиях микрогравитации показано на рисунке 1.

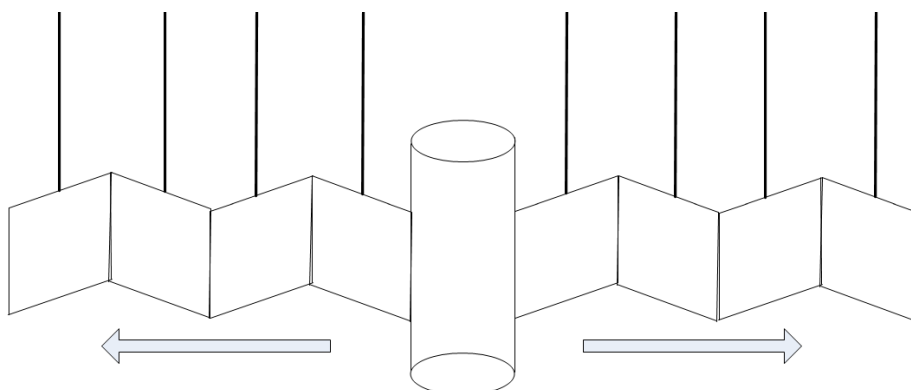
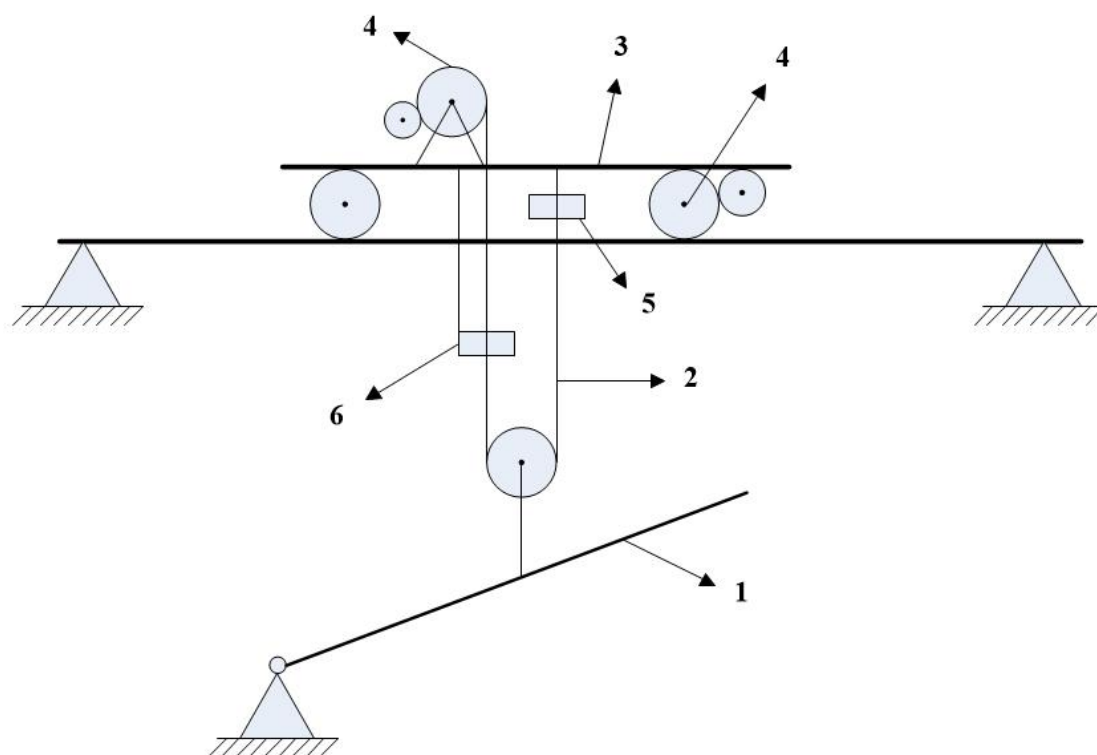


Рисунок 1 – Схема раскрытия механической системы спутника

Когда солнечная панель разворачивается спутником, подвешенный трос перемещается не только в горизонтальном направлении, но и в продольном направлении в определенном диапазоне. Поэтому в системе микрогравитации, моделирующей движение спутника, ее нужно разделить на 2 канала управления:

- вертикальный канал (ВК);
- горизонтальный канал (ГК).

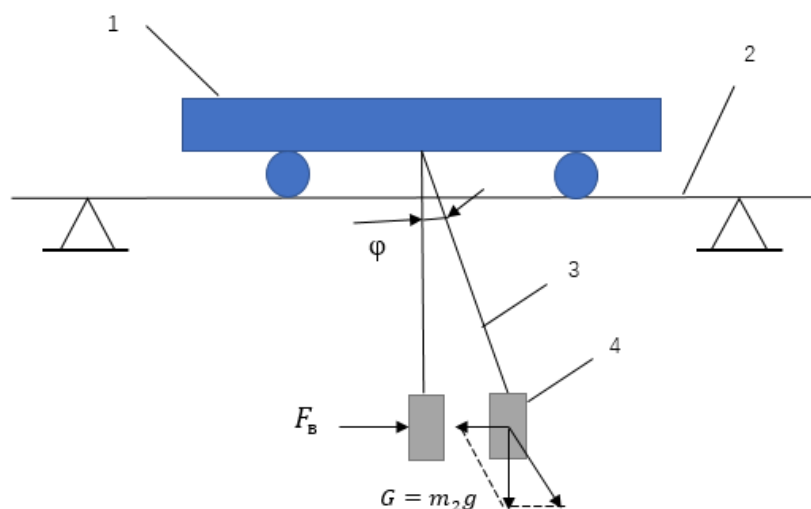
Как показано на рисунке 2, механическое устройство для реализации системы микрогравитации в основном состоит из каретки, барабанов, электропривода, тросов и датчиков.



1 – Механическая система (МС); 2 – Трос; 3 – Каретка; 4 – Электродвигатель с редукторами; 5 – Датчик натяжения троса (ДНТ); 6 – Датчик отклонения скорости (ДОС).

Рисунок 2 – Схема автоматизированного стенда микрогравитации

Когда спутниковая солнечная панель развернута, солнечная панель может рассматриваться как объект, подвешенный на веревке, и он получает внешнюю тягу, которая может быть постоянной или импульсной, или она может постоянно увеличиваться. Затем этот объект будет перемещен, и горизонтальная система микрогравитации показана на рисунке 3.



1 – Картка; 2 – Направляющие; 3 – Трос; 4 – Механическая система (МС).

Рисунок 3 – Схема объекта управления горизонтального канала

Под действием внешней тяги F_{ϵ} подвешенный объект m_2 будет двигаться вперед, и для моделирования траектории движения в условиях микрогравитации электропривод будет двигать картку вперед. Система будет передавать разницу между скоростью картки V_k и скоростью подвешенного объекта V_m на регулятор через датчик для автоматической регулировки системы. Когда разность скоростей ΔV равна нулю, система устойчива. Функциональная схема представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Функциональная схема системы микрогравитации

Поскольку внешнее усилие F_{ϵ} и разность скоростей связаны с механической системой, Структурная схема звена механической системы

показана на рисунке 5. Напряжение после регулятора и усилителя подается на электропривод, а затем рассчитывается полученный крутящий момент для получения скорости V_k каретки. После получения разницы между горизонтальной тянущей силой, создаваемой гравитацией, и возмущенной силой F_ϵ , с помощью второго закона Ньютона можно получить скорость перемещения груза V_m .

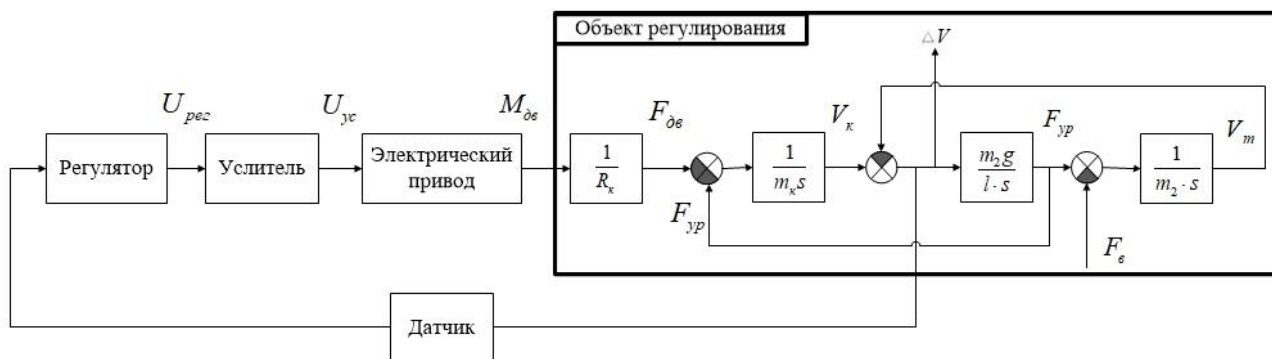


Рисунок 5 – Функциональная схема с структурной схемой звена объекта регулирования

1.2 Математические модели звеньев

На рисунке 4 обозначены: задающее воздействие $-F_\epsilon$, возмущающий фактор $-f(t)$, выходная величина $-\Delta V$.

Опишем каждый из элементов, входящих в системе микрогравитации:

1. Задатчик напряжения САР (рисунок 6)

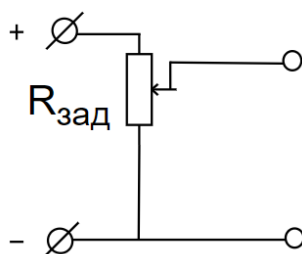


Рисунок 6 – Задатчик напряжения

2. Регулятор (рисунок 7)

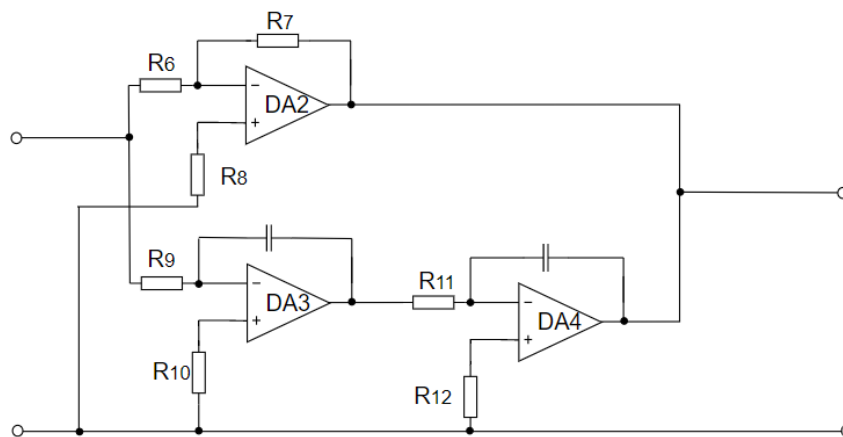


Рисунок 7 – Регулятор

$$\Delta U_{\text{вых}}(t) = \frac{k_2 \cdot s^2 + k_0}{s^2} \cdot \Delta U_{\text{вход}}(t), \quad (1.1)$$

где $\Delta U_{\text{вход}}(t)$ — напряжение на входе регулятора;

$\Delta U_{\text{вых}}(t)$ — напряжение на выходе регулятора;

K_2, K_0 — коэффициенты передачи регулятора.

3. Усилитель (рисунок 8)

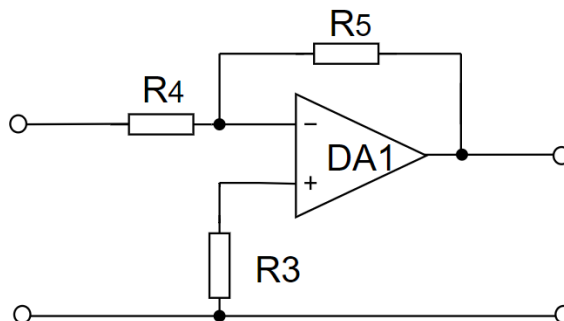


Рисунок 8 – Усилитель

$$\Delta U_{\text{вых}}(t) = K_{\text{ус}} \cdot \Delta U_{\text{вход}}(t), \quad (1.2)$$

где $\Delta U_{\text{вход}}(t)$ — напряжение на входе усилителя;

$\Delta U_{\text{вых}}(t)$ — напряжение на выходе усилителя;

$K_{\text{ус}}$ — коэффициент передачи усилителя.

4. Электродвигатель с редукторами (рисунок 9)

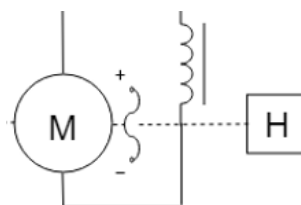


Рисунок 9 – Электродвигатель с редукторами

$$\Delta M_{\text{дв}}(t) = \frac{C_m i}{R_{\text{я}}} \Delta U_{\text{вход}}(t), \quad (1.3)$$

где $\Delta U_{\text{вход}}(t)$ — напряжение на входе электродвигателя;

$\Delta M_{\text{дв}}(t)$ — выходной момент двигателя;

C_m — коэффициент передачи двигателя по моменту;

i — передаточное число редуктора;

$R_{\text{я}}$ — сопротивление якорной цепи двигателя.

5. Датчик скорости (ДС) (рисунок 10)

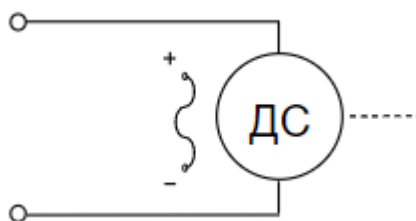


Рисунок 10 – Датчик скорости

$$\Delta U_{\text{ДС}}(t) = k_g \cdot \Delta V(t), \quad (1.4)$$

где $\Delta U_{\text{ДС}}(t)$ — напряжение на выходе датчика скорости;

ΔV — разница между скоростью каретка и скоростью груза;

k_g — коэффициент передачи ДС.

1.3 Структурная схема системы микрогравитации

Для построения структурной схемы системы микрогравитации необходимо определить передаточные функции всех элементов системы.

Известно, что передаточная функция звена САР определяется как отношение выходного сигнала ко входному в изображениях Лапласа s при нулевых начальных условиях.

Применим принцип суперпозиции, который заключается в том, что реакция САР на одновременно действующие входные сигналы определяется суммой реакций на каждый из сигналов.

По аналогии (1.1) - (1.4) находим передаточные функции остальных звеньев САР:

1. Регулятор:

$$W(s) = \frac{k_2 \cdot s^2 + k_0}{s^2} \quad (1.5)$$

2. Усилитель:

$$W(s) = K_{yc} \quad (1.6)$$

3. Электродвигатель с редукторами:

$$W(s) = \frac{C_m i}{R_\pi} \quad (1.7)$$

4. Датчик скорости (ДС):

$$W(s) = k_g \quad (1.8)$$

На основании (1.5) - (1.18) полученных передаточных функций отдельных звеньев САР можно построить структурную схему всей системы по задающему и возмущающему воздействиям (рисунок 11). Для этого следует заменить звенья функциональной схемы САР найденными для них передаточными функциями.

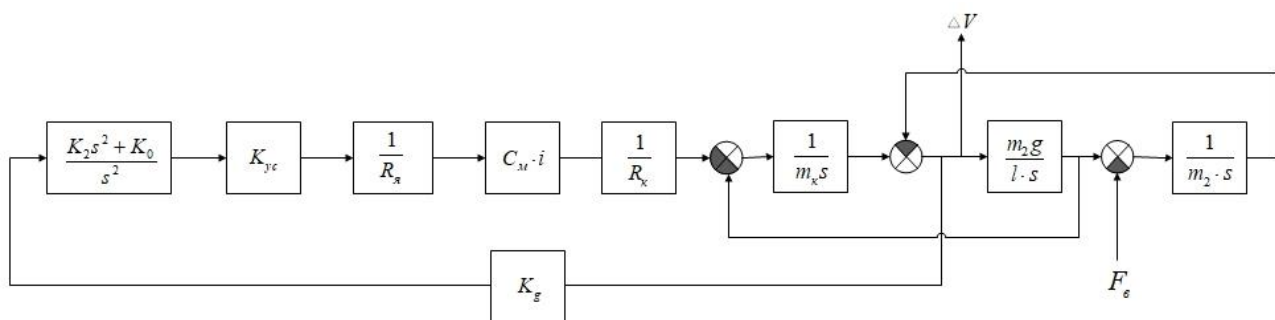


Рисунок 11 – Структурная схема системы микрогравитации

1.4 Передаточная функция САР

Имея полученную на рисунке 11 структурную схему можно записать передаточную функцию системы микрогравитации [9,10]:

$$W_{зам}(s) = \frac{\Delta V}{\Delta F_g} = \frac{1}{m_2 s} \cdot \frac{1}{1 + \frac{m_2 g}{l \cdot s} \cdot \frac{1}{m_2 s} + \frac{(K_2 s^2 + K_0) K_{yc} C_M i}{R_я R_к s^2} \cdot \frac{1}{m_к s} \cdot K_g + \frac{1}{m_к s} \cdot \frac{m_2 g}{l \cdot s}}$$

$$W_{зам}(s) = \frac{m_к R_к R_я l \cdot s^2}{m_2 \left[m_к R_к R_я l \cdot s^3 + K_g K_{yc} C_M i K_2 l \cdot s^2 + (m_2 + m_к) g R_к R_я \cdot s + K_g K_{yc} C_M i K_0 l \right]}$$

$$W_{зам}(s) = \frac{m_к R_я \cdot s^2}{m_2 \left[m_к R_я \cdot s^3 + \frac{K_g K_{yc} C_M i K_2}{R_к} \cdot s^2 + \frac{(m_2 + m_к) g R_я}{l} \cdot s + \frac{K_g K_{yc} C_M i K_0}{R_к} \right]}$$

(1.9)

На (1.14) основании знаменателем этой передаточной функции является характеристический полином исследуемой САР:

$$W_{хар.пол.}(s) = m_к R_я \cdot s^3 + \frac{K_g K_{yc} C_M i K_2}{R_к} \cdot s^2 + \frac{(m_2 + m_к) g R_я}{l} \cdot s + \frac{K_g K_{yc} C_M i K_0}{R_к}$$

(1.10)

В общем виде:

$$\alpha_3 = m_к R_я$$

$$\alpha_2 = \frac{K_g K_{yc} C_M i K_2}{R_k}$$

$$\alpha_1 = \frac{(m_2 + m_k) g R_y}{l}$$

$$\alpha_0 = \frac{K_g K_{yc} C_M i K_0}{R_k}$$

Значения постоянных параметров заданной САР приведены в таблице 1.

Таблица 1

K_2	K_0	K_{yc}	R_y	C_M	i	R_k	m_2	g	K_g
2	14	25	30	0.1	25	0.05	180	9.8	1

Теперь, когда значение постоянных параметров известно, необходимо получить диапазон изменения конструктивных параметров массы каретки m_k и длины троса l в соответствии с желаемым степени устойчивости и желаемым сектором. Тогда интервальный характеристический полином (ИХП) системы микрогравитации (1.10) можно записать в виде:

$$W_{хар.пол.}(s) = 30[m_k] \cdot s^3 + 2500 \cdot s^2 + \frac{294[m_k] + 52920}{[l]} \cdot s + 17500 \quad (1.11)$$

где $\alpha_3 = 30[m_k]$, $\alpha_2 = 2500$, $\alpha_1 = \frac{294[m_k] + 52920}{[l]}$, $\alpha_0 = 17500$.

2 Построение интервального полинома системы с желаемым качеством

2.1 Коэффициентные показатели качества

Пусть линейная стационарная система имеет характеристический полином следующего вида:

$$F_n(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0, a_i > 0. \quad (3.1)$$

Для дальнейших исследований рассмотрим вспомогательные параметры λ_i , которые зависят от четырех рядом стоящих коэффициентов характеристического полинома (3.1):

$$\lambda_i = \frac{a_{i-1} a_{i+2}}{[a_i - a_{i+1}(n-i-1)\eta][a_{i+1} - a_{i+2}(n-i-2)\eta]} < \lambda^*, \forall i = [1, n-2], \quad (3.2)$$

где η — желаная спепень устойчивости.

Так, например, когда $n=4$, определим $\lambda_1 = \frac{a_0 a_3}{[a_1 - 2a_2\eta][a_2 - a_3\eta]}$; $\lambda_2 = \frac{a_1 a_4}{[a_2 - a_3\eta]a_3}$ и т.д. Указанные параметры λ_i получили название коэффициентных показателей степени устойчивости системы.

Установлено, что для устойчивости системы с характеристическим полиномом (3.1) достаточно выполнения следующих неравенств

$$\lambda_i < \lambda^*, \forall i = [1, n-2], \quad (3.3)$$

где $\lambda^* = 0.465$ - вещественный корень уравнения $\lambda(\lambda+1)^2 = 1$.

Доказательство условия (3.3) приведено в работе [11].

Введем в рассмотрение второй параметр δ_i , вычисляемый по формуле:

$$\delta_i = \frac{a_i^2}{a_{i-1} a_{i+1}}, \forall i = [1, n-1]. \quad (3.4)$$

Проявление колебаний в системе имеет место при наличии комплексно-сопряженных корней $s = -\alpha + j\beta$ в решении ее характеристического уравнения. Колебательность системы $\mu = \frac{\beta}{\alpha}$

определяется как отношение мнимой части корня к его вещественной части. Задание определенной колебательности μ требует ограничения области локализации корней характеристического уравнения системы двумя лучами, составляющими с вещественной осью угол

$$\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) = \operatorname{arctg}(\mu). \quad (3.5)$$

Для получения достаточных условий расположения корней в заданном секторе $\pi \pm \varphi$ или сектора $\pm\varphi (\varphi \leq \frac{\pi}{2})$, достаточно чтобы

$$\delta_i \geq \delta_d(n, \varphi), \forall i = [1, n-1]. \quad (3.6)$$

Чтобы иметь достаточные условия расположения корней в любых секторах, следует воспользоваться графиками зависимости δ_d от угла φ .

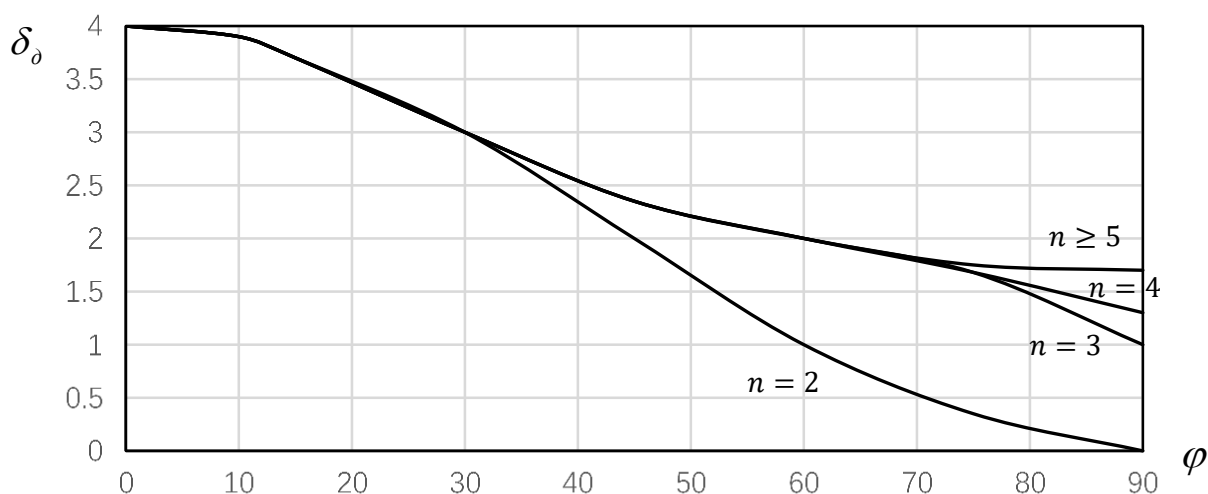


Рисунок 12 – Зависимости δ_d от φ

Доказательство условия (3.6) приведено в работе [11].

2.2 Методика определения допустимых пределов коэффициентов полинома

Рассмотрим интервальный характеристический полином (ИХП):

$$D_n(s) = [a_n]s^n + [a_{n-1}]s^{n-1} + \dots + [a_0]. \quad (3.7)$$

где $\underline{a}_i \leq a_i \leq \overline{a}_i$;

\underline{a}_i - минимальное значение коэффициента a_i ;

\overline{a}_i - максимальное значение коэффициента a_i .

На основании (3.2) и (3.3) можно заключить: чтобы система с ИХП имела допустимую степень устойчивости, достаточно выполнения неравенств:

$$\overline{\lambda}_i = \frac{\overline{a_{i-1} a_{i+2}}}{\left[\underline{a}_i - \overline{a_{i+1}} (n-i-1) \eta \right] \left[\overline{a_{i+1}} - \underline{a_{i+2}} (n-i-2) \eta \right]} \leq \lambda^*, \lambda^* \approx 0,465, \forall i = [1, n-2],$$

(3.8)

где \underline{a}_i - минимальное значение коэффициента a_i ;

$\underline{a_{i+1}}$ - минимальное значение коэффициента a_{i+1} ;

$\overline{a_{i-1}}$ - максимальное значение коэффициента a_{i-1} ;

$\overline{a_{i+2}}$ - максимальное значение коэффициента a_{i+2} ;

$\overline{a_{i+1}}$ - максимальное значение коэффициента a_{i+1} .

На основании (3.4) и (3.6) для расположения корней ИХП в желаемом секторе необходимо выполнение следующих условий:

$$\underline{\delta}_i = \frac{\underline{a_i^2}}{\overline{a_{i-1} a_{i+1}}} \geq \delta_\delta, i = [1, n-2].$$

(3.9)

где δ_δ - допустимый показатель колебательности.

\underline{a}_i - минимальное значение коэффициента a_i ;

$\overline{a_{i+1}}$ - максимальное значение коэффициента a_{i+1} .

Пусть в характеристическом полиноме $n \geq 3$ и известны пределы не менее двух младших коэффициентов, в которые входят все стабильные параметры системы. Необходимо определить интервалы остальных коэффициентов ИХП, в которые входят нестабильные параметры. При этом корни полинома должны быть локализованы в заданном секторе [12]. В результате алгебраических [13] преобразований (3.8) и (3.9) получим выражения для пределов неизвестных коэффициентов ИХП

$$\overline{a}_i \leq \frac{\lambda^* \left[\overline{a}_{i+1} - \overline{a}_{i+2} (n-i) \eta \right] \left[\overline{a}_{i+2} - \overline{a}_{i+3} (n-i-1) \eta \right]}{\overline{a}_{i+3}}, i = v, v-1, \dots, 0, v = n-g, v \leq n-3; \quad (3.10)$$

$$\overline{a}_i \leq \frac{a_{i+1}^2}{\delta_\delta a_{i+2}}, i = v, v-1, \dots, 0, v = n-g, v \leq n-2, \quad (3.11)$$

где g - количество коэффициентов ИХП с известными пределами.

В третьей части, чтобы решать допустимого диапазона структурных параметров m_κ и l в системе микрогравитации. Выражение (3.10) и (3.11) для пределов неизвестных коэффициентов ИХП используется для формирования группы неравенств.

3 Построение области допустимых значений конструктивных параметров САР

3.1 Определение интервалов коэффициентов полинома САР с заданной секторной устойчивостью и минимальной степенью устойчивости

Рассмотрим характеристический полином системы микрогравитации с конструктивными коэффициентами:

$$W_{хар.пол.}(s) = [a_3]s^3 + a_2s^2 + [a_1]s^1 + a_0. \quad (4.1)$$

где известны только два коэффициента $a_2 = 2500$, $a_0 = 17500$. Требуется определить интервалы $[a_3], [a_1]$, обеспечивающие локализацию корней ИХП в секторе $\pm 60^\circ$ ($\delta_\theta = 2$) и минимальная степень устойчивости равно 3. Для решения поставленной задачи при известных коэффициентах $a_2 = 2500$ и $a_0 = 17500$ на основе (3.10) и (3.11) по разработанному алгоритму получили

$$\underline{a_0} \leq \frac{\lambda^* (\underline{a_1} - \overline{a_2} \cdot \eta) \underline{a_2}}{\underline{a_3}} \Rightarrow \underline{a_1} \geq \frac{\overline{a_0} \cdot \overline{a_3}}{\lambda^* \underline{a_2}} + \overline{a_2} \cdot \eta = \frac{17500 \cdot \overline{a_3}}{1162.5} + 7500; \quad (4.2)$$

$$\overline{a_0} \leq \frac{\underline{a_1}^2}{\delta_\theta \underline{a_2}} \Rightarrow \underline{a_1} \geq \sqrt{\delta_\theta \cdot \overline{a_0} \underline{a_2}} = 9354.14; \quad (4.3)$$

$$\overline{a_1} \leq \frac{\underline{a_2}^2}{\delta_\theta \underline{a_3}} = \frac{6250000}{2\underline{a_3}}. \quad (4.4)$$

Из (4.2) и (4.4) можно найти, что интервал $[a_1]$ относится только к интервалом $[a_3]$, а интервал $[a_3]$ определяется m_κ . при заданном $m_\kappa = 4$, то есть $a_3 = 120$, далее из (4.2) и (4.4) получим

$$\underline{a_1} \geq \frac{2500 \cdot \overline{a_3}}{1162.5} + 7500 = 9306.45; \quad (4.5)$$

$$\overline{a_1} \leq \frac{6250000}{2\underline{a_3}} = 26041.67. \quad (4.6)$$

Из (4.3) и (4.5) получим $\underline{a_1} = 9354.14$. Из (4.6) получим $\overline{a_1} = 26041.67$.

В итоге когда $m_\kappa = 4$, находим допустимые пределы коэффициент ИХП

$$[a_1] = [9354.14, 26041.67].$$

Выразим коэффициенты ИХП через интервальные параметры САР:

$$\alpha_3 = 30[m_k],$$

$$\alpha_2 = 2500,$$

$$\alpha_1 = \frac{294[m_k] + 52920}{[l]},$$

$$\alpha_0 = 17500.$$

На основании известных интервалов $[a_1] = [9354.14, 26041.67]$ запишем:

$$9354.14 \leq \frac{54096}{[l]} \leq 26041.67, \text{ нашли } 2.08 \leq l \leq 5.78.$$

3.2 Построение области конструктивных параметров САР

При выборе различных значений m_k повторите метод расчета, описанный в разделе 3.1, для получения различных диапазонов длины троса l . Результат расчета показан на рисунке 13 с помощью изображений, где по горизонтальной оси отложена масса каретки m_k , а по вертикальной оси - длина троса l .

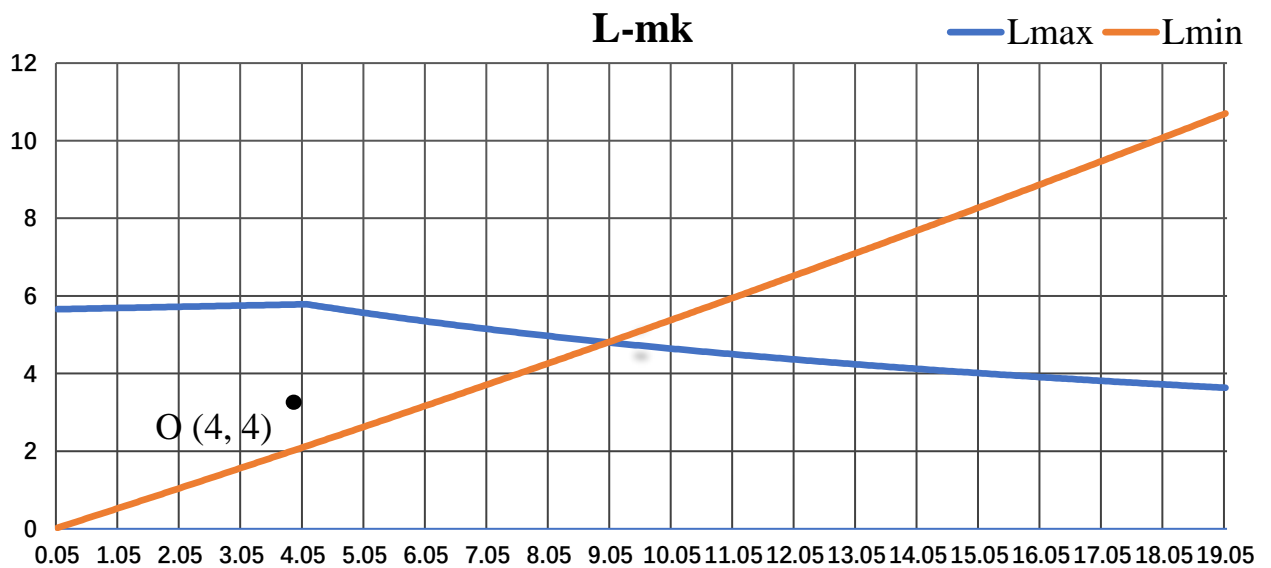


Рисунок 13 – Область допустимых значений нестабильных параметров САР

Из рисунка 13 можно сделать вывод, что переменный интервал m_k составляет от 0 до 9, а переменный интервал l составляет от 0 до 5.78. Однако по разным причинам в реальной эксплуатации минимальный вес m_k составляет 2 кг, а минимальная длина l составляет 3 метра, поэтому $[m_k]=[1,9]$ и $[l]=[3,5.78]$. Возьмите точку О (4, 4) из допустимого диапазона на рисунке 13, то есть $m_k=4$, $l=4$. Вычислим корни характеристического полинома САР в этой точке:

$$\text{polyroots} \left(\begin{pmatrix} A0 \\ A1(4) \\ A2 \\ A3 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} -13.058 \\ -5.874 \\ -1.901 \end{pmatrix}$$

Рисунок 14 – Корни характеристического полинома САР в точке О (4, 4)

Вычислим углы $\varphi_o = \arctan\left(\frac{0}{1.901}\right) = 0^\circ \leq 60^\circ$, $\eta = 1.901 > 1$. В результате вычислений можно сделать вывод, что все корни ИХП САР лежат в заданном секторе и минимальная степень устойчивости больше чем 1.

3.3 Моделирование САР с допустимыми значениями интервальных параметров

Для проверки работы САР в точке О, используем Simulink Matlab [14,15,16]. Схема модели САР показана на рисунке 15.

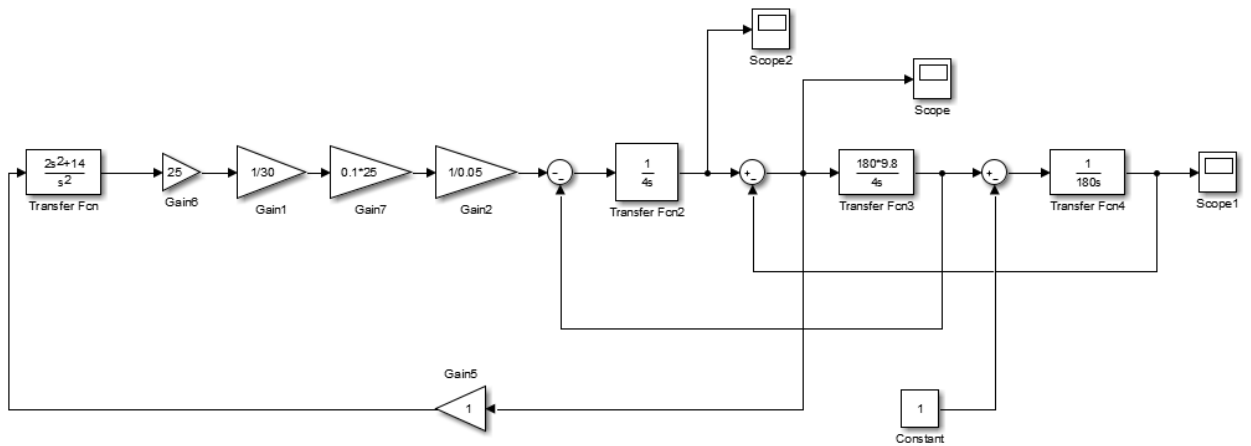


Рисунок 15 – Моделирование САР в Simulink Matlab

Входную возмущенную силу F_g можно сделать постоянной величиной, и изменение ее величины во времени показано на рисунке 16:

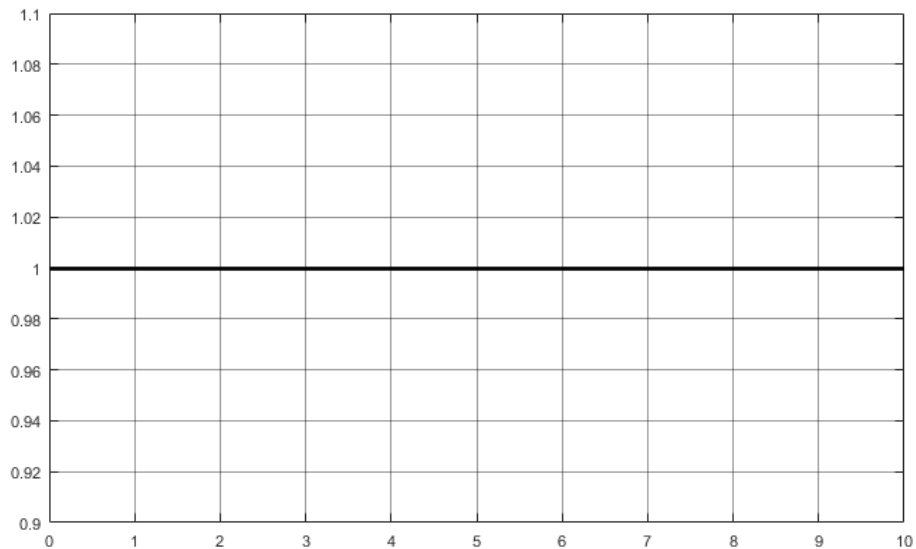


Рисунок 16 – Постоянный входной сигнал

Переходный процесс САР в указанном точке при постоянном входном сигнале построены на рисунке 17.

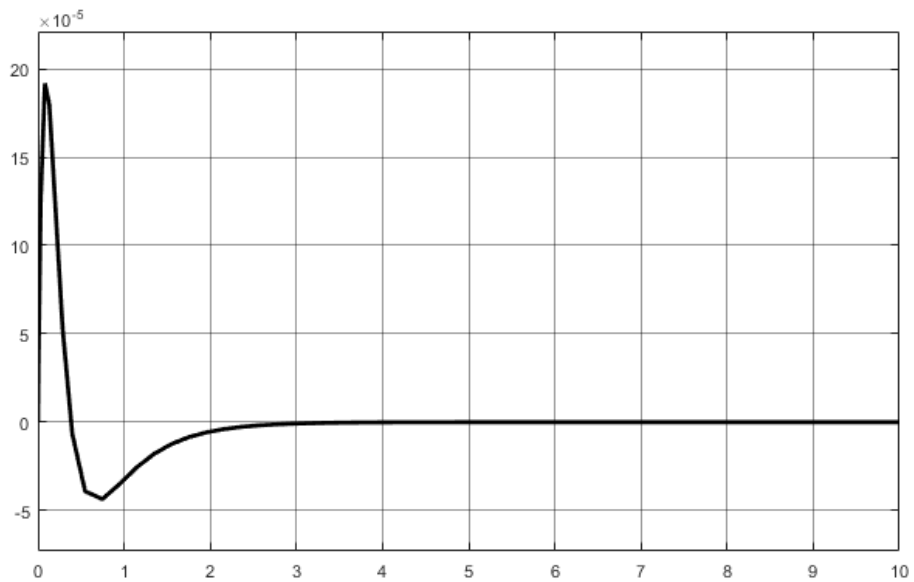


Рисунок 17 – Переходный процесс в точке О (4,4) при постоянном входном сигнале

Из рисунка 17 видно, что САР в точке О остается устойчивой с максимальным временем переходного процесса 2.3с.

Входной сигнал может быть не только постоянным, но и импульсным. Изменение входного сигнала во времени показана на рисунке 18:

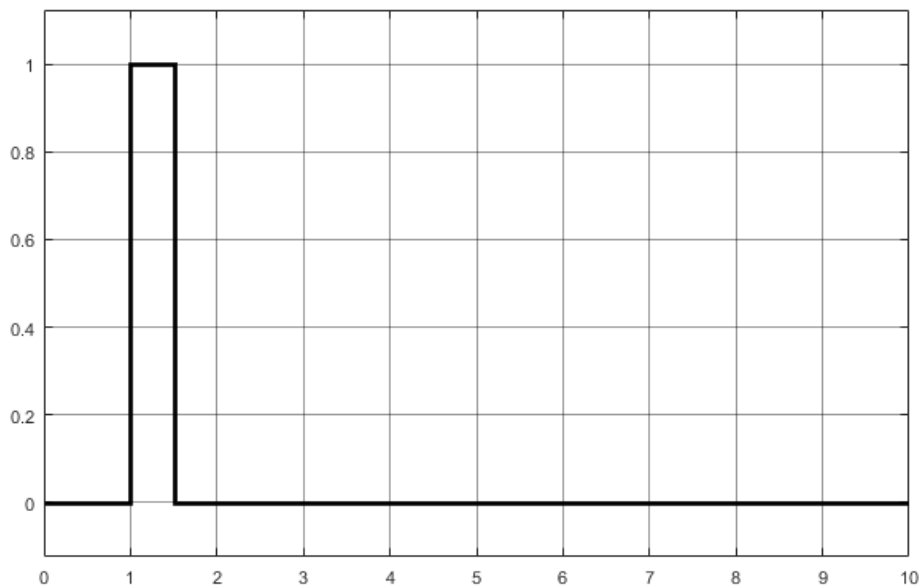


Рисунок 18 – Импульсный входной сигнал

Переходный процесс САР в указанном точке при импульсном входном сигнале построены на рисунке 19.

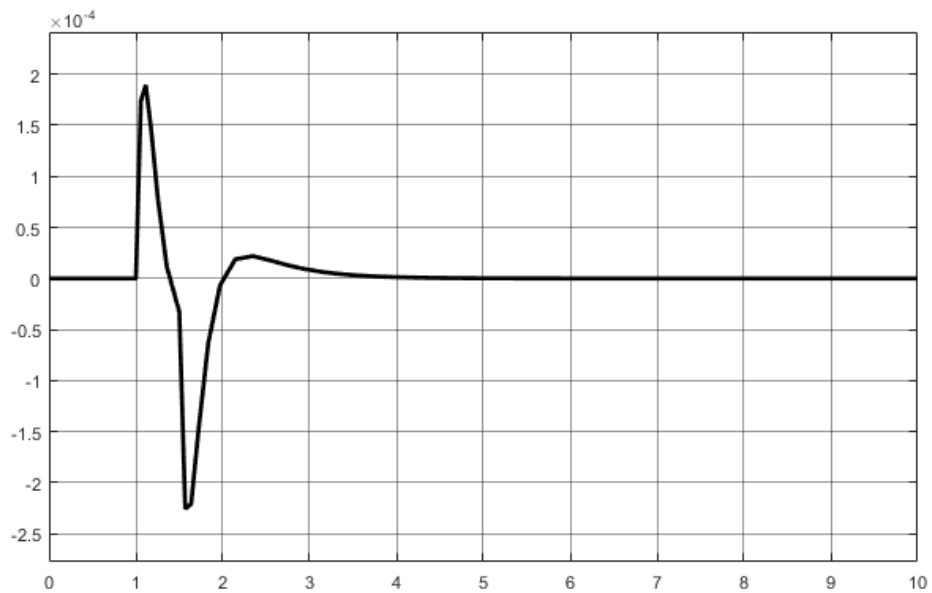


Рисунок 19 – Переходный процесс в точке O (4,4) при импульсном входном сигнале

Если входной сигнал имеет постоянное возрастающее значение. Изменение равномерного входного сигнала во времени показана на рисунке 20:

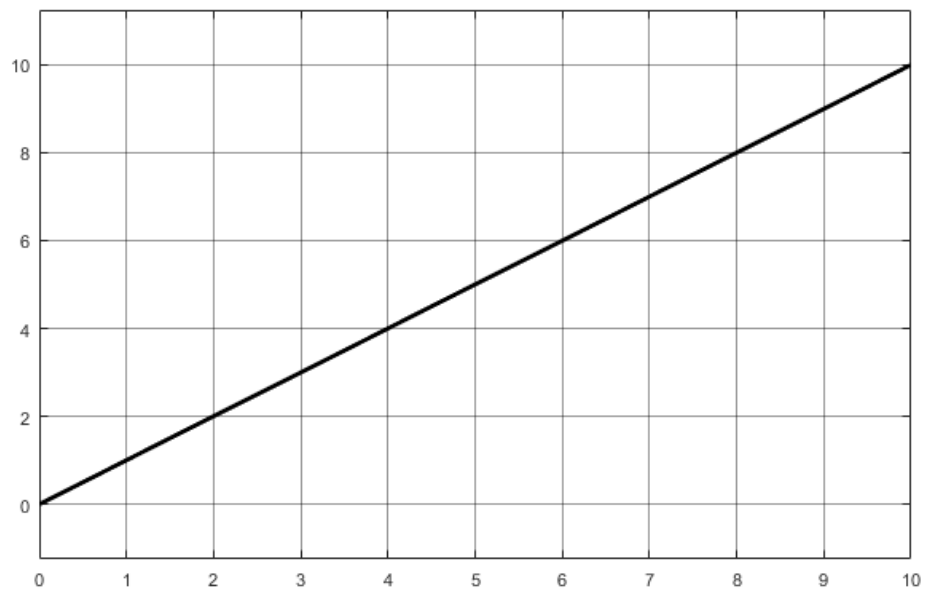


Рисунок 20 – Равномерный входный сигнал

Переходный процесс САР в указанной точке при равномерном входном сигнале построены на рисунке 21.

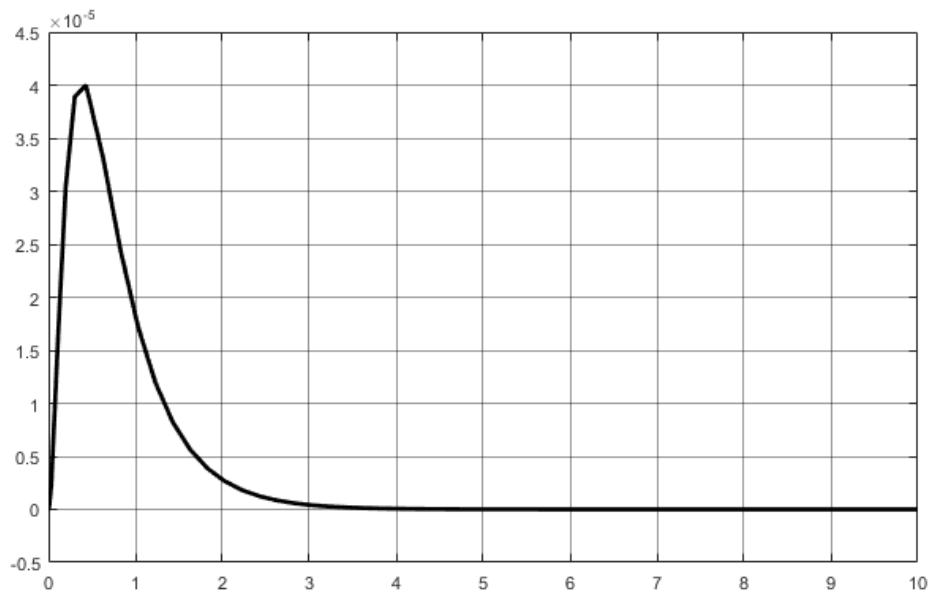


Рисунок 21 – Переходный процесс в точке О (4,4) при равномерном входном сигнале

Если входной сигнал имеет значение, увеличивающееся при постоянном ускорении. Изменение равноускоренного входного сигнала во времени показана на рисунке 22:

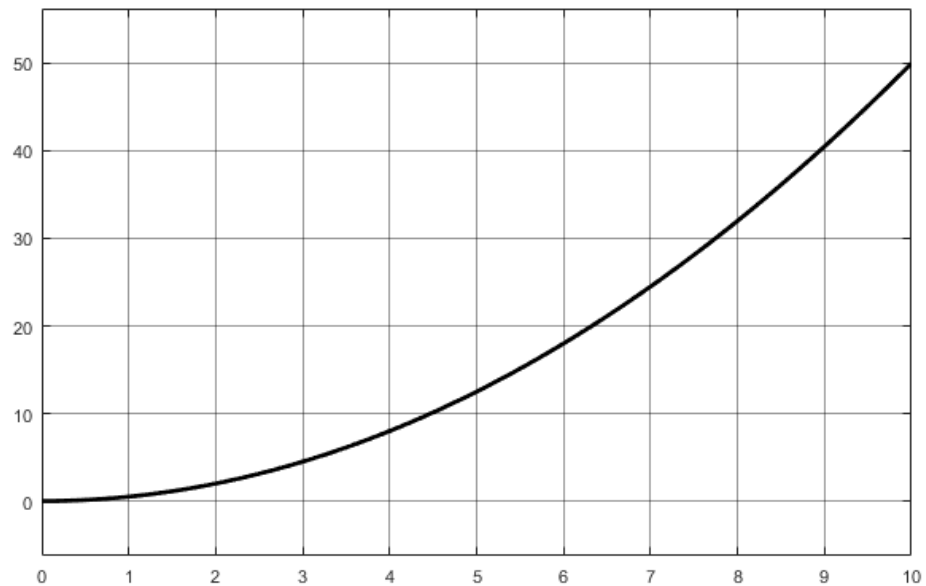


Рисунок 22 – Равноускоренный входный сигнал

Переходный процесс САР в указанном точке при равноускоренном входном сигнале построены на рисунке 23.

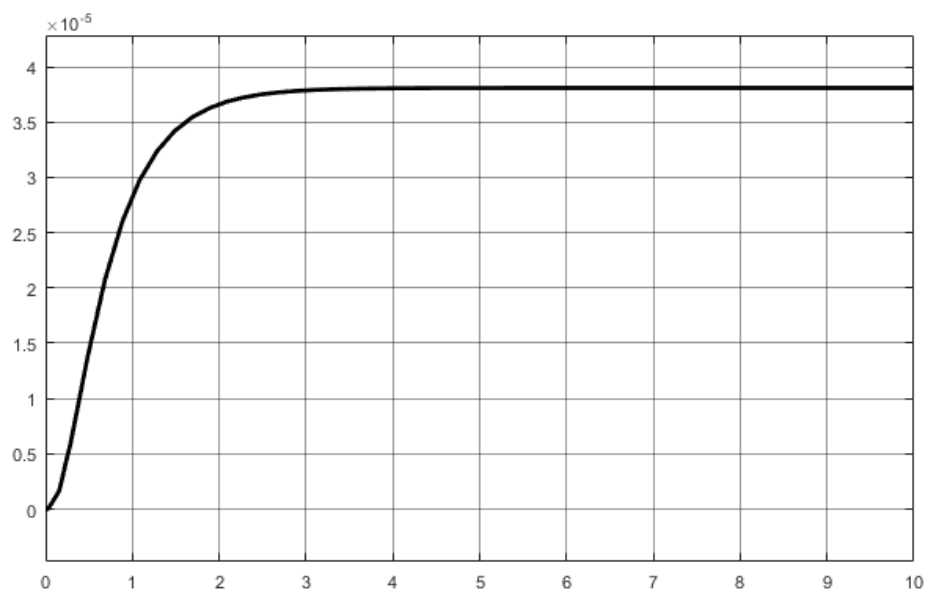


Рисунок 23 – Переходный процесс в точке О (4,4) при равноускоренном входном сигнале

Всего в исследовании использовалось четыре различных входных сигнала, а именно: постоянный, импульсный, равномерный и равноускоренный. После анализа можно обнаружить, что переходный процесс стремится к нулю, когда входной сигнал постоянный, импульсный или равномерный, то есть система устойчива.

Однако, когда входной сигнал равноускоренный, переходный процесс имеет тенденцию быть больше нуля и остается стабильным при этом значении. Можно сделать вывод, что когда возмущенная сила F_g имеет постоянное или изменяющееся ускорение, система неустойчива. Следовательно, в реальной работе возмущенная сила F_g не может иметь постоянное или постоянно изменяющееся ускорение.

4 Разработка программного обеспечения

4.1 Алгоритм построения области допустимых значений конструктивных параметров САР

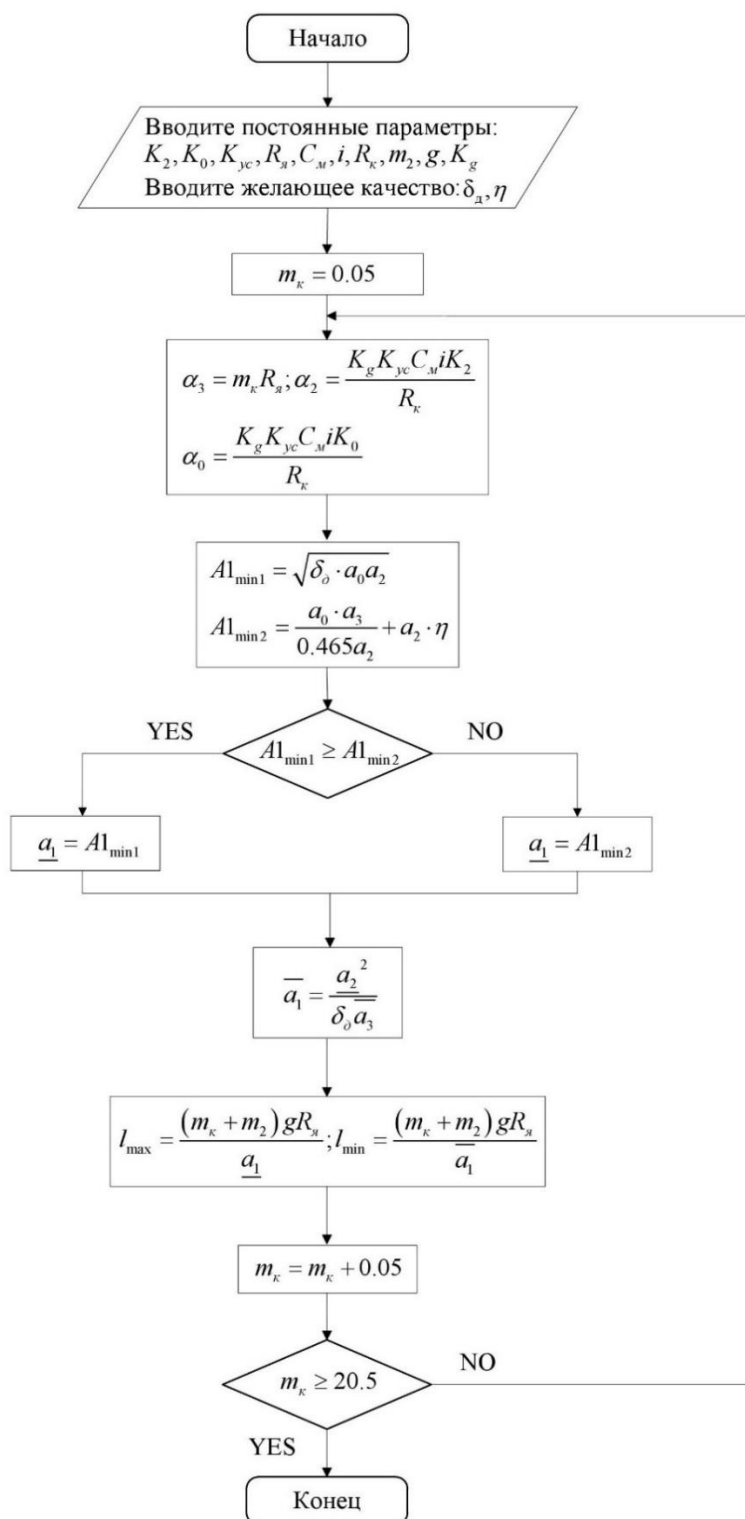


Рисунок 24 – Блок-схема построения области допустимых значений конструктивных параметров САР

По алгоритму, показанному на рисунке 24, значение постоянного параметра нужно ввести в начале, и значения параметры, соответствующее желаемому качеству. Затем вычислите минимальное и максимальное значения a_1 , a_3 , a_2 и a_0 в зависимости от массы каретки. Затем найдите максимальное значение длины троса l в соответствии с минимальным значением a_1 и найдите минимальное значение длины троса в соответствии с максимальным значением a_1 . Значение массы каретки начинается с 0.05 и увеличивается каждый раз на 0.05, пока не достигнет 20. Наконец, получаются изображения m_k и l_{\max} , а также m_k и l_{\min} , где l_{\max} является верхним пределом, а l_{\min} - нижним пределом, а средняя часть между них является допустимой областью.

4.2 Программирование алгоритма

При программировании алгоритма использовался язык программирования C #, а приложение Windows Form было создано в среде Microsoft visio studio для реализации взаимодействия человека с компьютером. Программирование и разработка алгоритмов в среде Microsoft visio studio имеет следующие преимущества:

- Поскольку Windows является продуктом Microsoft, программы, скомпилированные в visio studio, более совместимы.
- Интерфейс визуальной разработки в C # делает разработку более эффективной, дизайн пользовательского интерфейса красивее, а работа - более удобной.
- Программа быстрее реагирует на операции.

Код программы находится в приложении А.

4.3 Руководство по работе с программой

Программа называется Решатель ОКП (область конструктивных параметров), и вы можете увидеть главное окно, дважды щелкнув его, чтобы

открыть его. Главное окно состоит из двух частей: области параметров и области изображения. В области параметров вы можете нажать кнопку «Постоянный параметр», чтобы изменить параметры. Измените параметры, соответствующие желаемому качеству, в поле «Желаемое качество». Главное окно показано на рисунке 25:

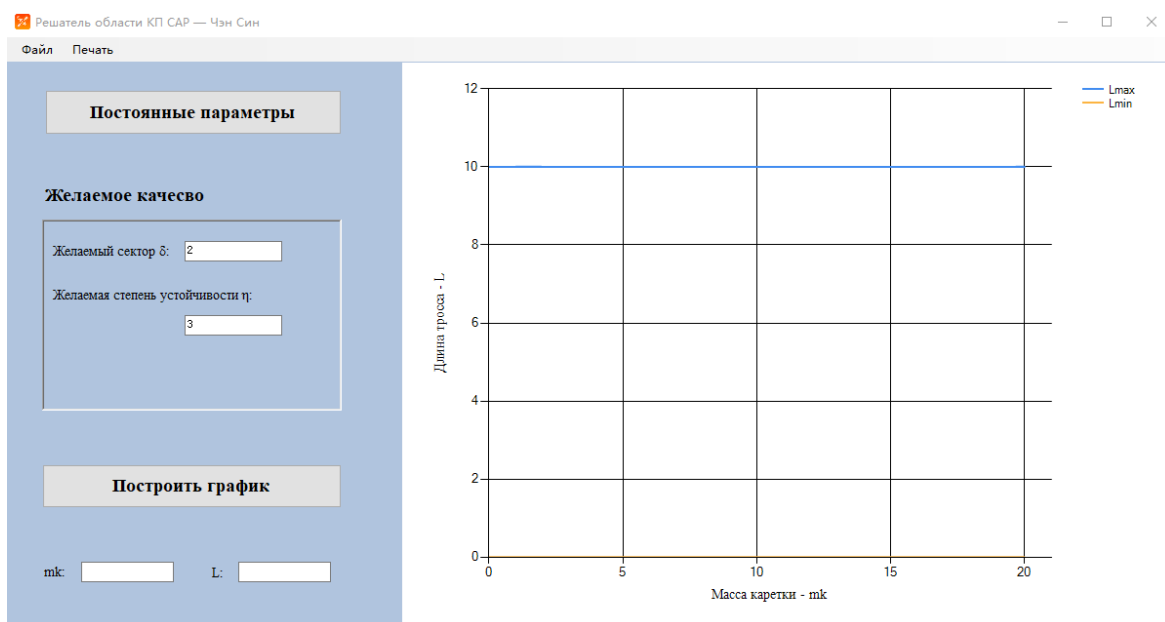


Рисунок 25 – Главное окно программы ОКП

После нажатия кнопки «Постоянный параметр» перед вами откроется окно, показанное на рисунке 26. После изменения параметров или нажатия кнопки «Defaults» для восстановления параметров по умолчанию нажмите кнопку «Save» для сохранения.

Рисунок 26 – Окно «Постоянный параметр» программы ОКП

Вернувшись в главное окно, после настройки параметров нажмите кнопку «Построить график», и изображение отобразится справа. Переместите мышь к изображению и щелкните один раз, чтобы отследить текущие координаты, и координаты отображаются в нижнем левом углу окна. Щелкните еще раз, чтобы зафиксировать линию трекинга в определенной точке изображения. Показано на рисунке 27.

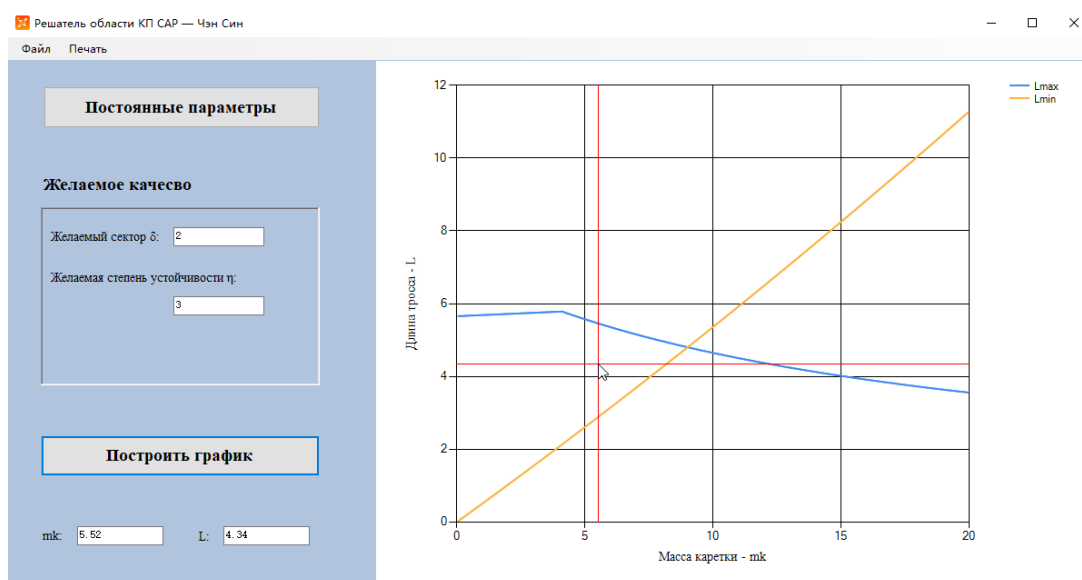


Рисунок 27 – Построение области допустимых значений КП САР

Щелкните «Файл» в верхней части главного окна, чтобы открыть, сохранить файл или закрыть программу. Формат файла - txt, который можно открыть прямо на диске для просмотра параметров. Показано на рисунке 28.

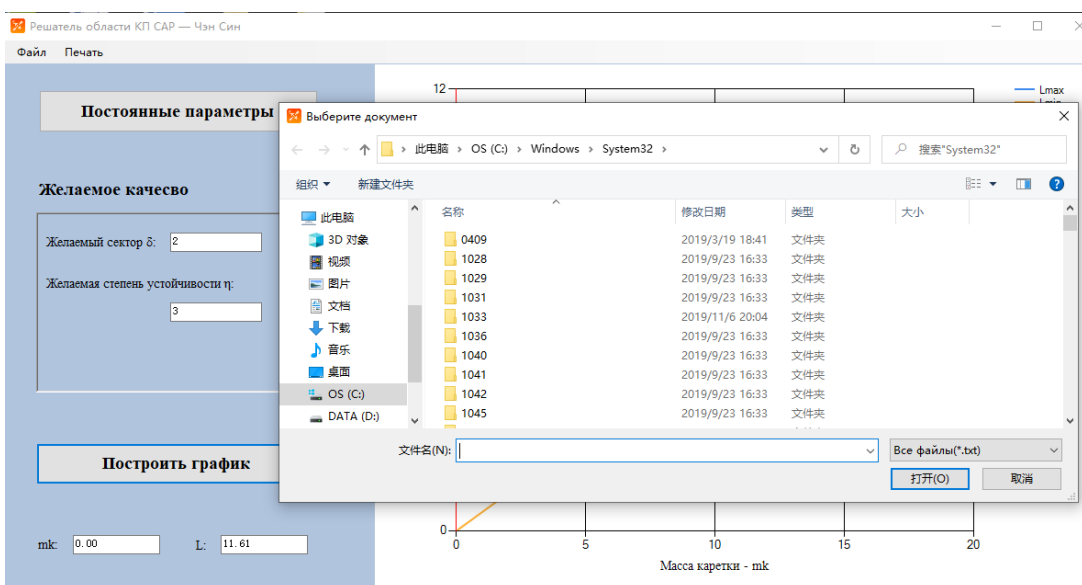


Рисунок 28 – Открытие файла

Нажмите «Печать» в верхней части главного окна, чтобы распечатать или предварительно распечатать изображение. Показано на рисунке 29:

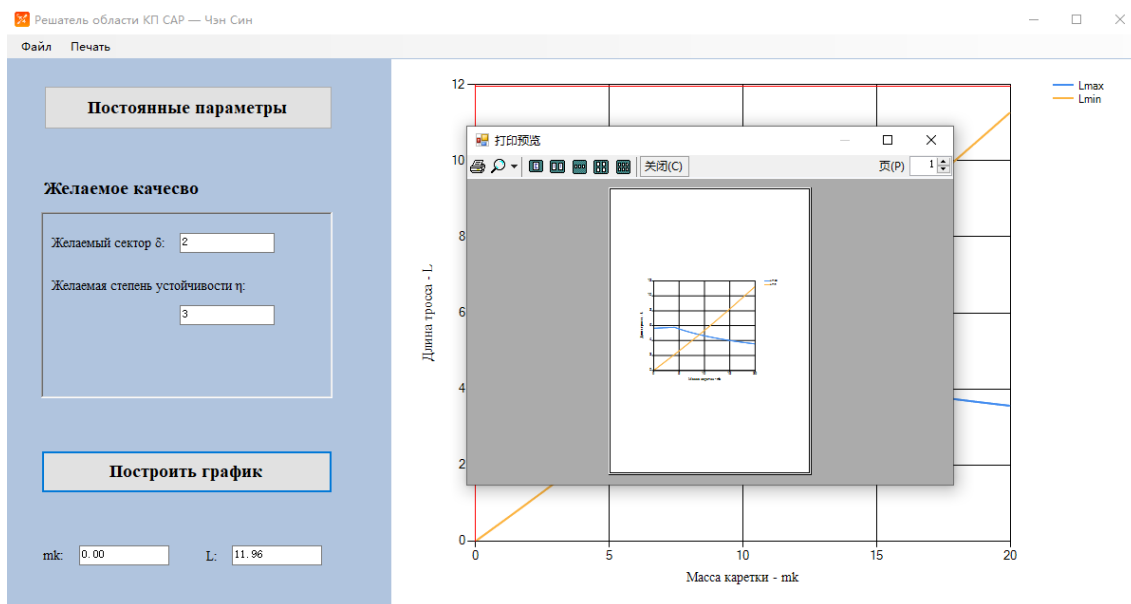


Рисунок 29 – Печание графика

С помощью описанных выше шагов можно быстро построить и сохранить область допустимых значений конструктивных параметров САР.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Цель работы – определение допустимых пределов изменения конструктивных параметров системы микрогравитации.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга) [17].

Главным потребителем станет любое предприятие, которое занимается производством малогабаритной продукции и транспортирует его, используя паллет. Потребность в приборах одного предприятия от 1 до 10 в зависимости от

масштаба предприятия.

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка спроса на систему контроля

Форма выпуск систем управления	Единичный выпуск	Партия
Потребитель		
Мелкое предприятие/физическое лицо		
Крупное предприятие		

- существует спрос; - спрос отсутствует.

Анализ карты сегментирования рынка показал, что спрос на акустическую систему контроля паллет обеспечивают, как и физические лица (маркшейдеры), так и мелкие и крупные предприятия по производству малогабаритной продукции. Спрос на партию приборов показывают только крупные предприятия, тогда как спрос на единичный экземпляр показывают все выделенные сегменты потребителей. Ориентация на единичный выпуск прибора способствует занятию всех выделенных сегментов рынка, а также возможности настройки конечного продукта индивидуально под цели каждого заказчика, что так же увеличит конкурентоспособность продукта.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, в таблице 5.2.

Для сравнения системы была взята «Система проверки пустых поддонов

(LEER PALETTEN KONTROLLE - LPK)» немецкой компании KÖHL.

Сравнению параметров двух систем подлежат:

- надежность – разрабатываемая система более надежна в эксплуатации;
- точность измерения – определение величину размера наименьшего выявляемого дефекта;
- энергопотребление – новое устройство экономичнее;
- скорость измерений – определяет количество контролируемых паллет в единицу времени;
- простота обслуживания для технического персонала.

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

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических Решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Надежность	0,3	4	3	1,2	0,9
Точность измерения	0,2	4	4	0,8	0,8
Энергоэкономичность	0,1	5	3	0,5	0,3
Скорость измерений	0,2	4	3	0,8	0,6
Простота обслуживания для технического персонала	0,1	5	2	0,5	0,2
Цена	0,1	5	3	0,5	0,3
Итого	1			4,3	3,1

Расчет конкурентоспособности выполняется по следующей формуле:

$$K = \sum (B_i \times E_i), \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научно-технической продукции;

B_i – весомость i -го показателя, проставляемая в долях единицы, при этом

$$B_i = 1,0;$$

E_i – баллы i -го фактора конкурентоспособности от 1 до 5 (1 – самая слабая позиция, 5 – самая сильная);

$i = 1 \dots n$ – количество рассматриваемых факторов.

Как видно из таблицы 5.2 конкурентоспособность разрабатываемого устройства выше по сравнению с продуктом-аналогом. Устройство лучше по комплексу параметров устройства-аналога и его разработка считается целесообразной и экономически выгодной.

5.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений, описанных в разделе 5.1.2.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.

- правовая защищенность и др.

2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (табл. 5.3).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 5.3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0.05	20	100	0.2	0.010
2. Помехоустойчивость	0.03	50	100	0.5	0.015

Продолжение таблицы 5.3

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
3. Надежность	0.09	30	100	0.3	0.027
4. Унифицированность	0.07	20	100	0.2	0.014
5. Уровень материалоемкости разработки	0.06	60	100	0.6	0.036
6. Уровень шума	0.07	70	100	0.7	0.049
7. Безопасность	0.02	20	100	0.2	0.004
8. Потребность в ресурсах памяти	0.01	30	100	0.3	0.003
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.03	50	100	0.5	0.015
10. Простота эксплуатации	0.04	60	100	0.6	0.024
11. Качество интеллектуального интерфейса	0.05	20	100	0.2	0.010
12. Ремонтопригодность	0.07	30	100	0.3	0.021
Показатели оценки коммерческого потенциала 0.3разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0.01	30	100	0.3	0.003
14. Уровень проникновения на рынок	0.03	60	100	0.6	0.018
15. Перспективность рынка	0.04	40	100	0.4	0.016
16. Цена	0.03	20	100	0.2	0.006
17. Послепродажное обслуживание	0.08	50	100	0.5	0.040
18. Финансовая эффективность научной разработки	0.09	40	100	0.4	0.036
19. Срок выхода на рынок	0.07	10	100	0.1	0.007

20.Наличие сертификации разработки	0.06	20	100	0.2	0.012
Итого	1				

В оценочной карте для сравнения конкурентных технических решений, обозначения B_{ϕ} и K_{ϕ} это ОВЕН ПЛК100; B_{kl} и K_{kl} это ICP DAS.

Исходя из расчётов, сделанных выше, можно сделать вывод, что разработка имеет высокий уровень конкурентоспособности.

Позиции конкурентов особенно уязвимы в степени проникновения на рынок. Кроме того, уязвимостью является предполагаемый срок эксплуатации разработки. Конкурентное преимущество устройства в функциональной мощности, сроке выхода на рынок и конкурентоспособности.

5.1.4 SWOT-анализ

SWOT – анализ метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие SWOT-Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Все факторы делятся на четыре категорий, Поскольку SWOT анализ в общем виде не содержит экономических категорий его можно применять к любым организациям, отдельным людям и странам для построения стратегий в самых различных областях деятельности [17].

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. К сильным сторонам можно отнести в первую очередь точность измерения и безопасность также энергоэффективность. Сами сейсмодатчики не имеют негативного влияния на окружающую среду. Все результаты отображены в матрице SWOT (Таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Матрица SWOT

<p>Сильные стороны</p> <p>С1. Высокая надежность</p> <p>С2. Стабильность в получении результатов измерения</p> <p>С3. Простота эксплуатации.</p> <p>С4. Малая потребляемая мощность</p> <p>С5. Получение реальных изображений, положения и размеров дефектов.</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>Сл1. Сильно зависит от температуры, влажности окружающей среды</p> <p>Сл2. Низкая помехозащищённость</p> <p>Сл3. Необходимость при измерении фиксировать фазированную решетку максимально перпендикулярно к поверхности поддоны</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Изменение параметров устройства, сигнала и метода обработки его обработки для конкретного заказчика</p> <p>В2. Увеличение спроса на систему</p> <p>В3. Повышение стоимости проекта</p> <p>В4. Низкая конкуренция на рынке среди подобных устройств (устройство, реализующее данный метод измерения будет высоко конкурентоспособным)</p>	<p>Угрозы</p> <p>У1. Возможное повышение себестоимости прибора, реализующего данный метод обработки сигнала, вследствие экономической политики</p> <p>У2. Консерватизм предприятий, нежелание внедрения новых технологий на производство взамен старым</p> <p>У3. Несвоевременное финансирование проекта</p>

Далее перейдем ко второму этапу SWOT-анализа это выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого построим интерактивную матрицу проекта. Интерактивные матрицы строятся для всех сочетаний: Сильные стороны – Возможности; Сильные стороны – Угрозы; Слабые стороны – Возможности; Слабые стороны – Угрозы. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям),

либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Результаты второго этапа SWOT-анализа представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны				
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможность и проекта	B1	+	+	-	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	-	+
	B4	+	+	+	+	+
Угрозы проекта	У1	+	+	-	+	+
	У2	0	0	0	0	+
	У3	0	0	0	0	0
		Слабые стороны				
		Сл1	Сл2		Сл3	
Возможность и проекта	B1	+	+		+	
	B2	-	-		-	
	B3	-	-		-	
	B4	-	-		-	
Угрозы проекта	У1	-	-		-	
	У2	0	0		+	
	У3	0	0		0	

Из интерактивной матрицы наиболее весомые сильные стороны проекта это «Высокая точность» и «Большой охват позволяет, как уменьшать скорость сканирования объекта, так и увеличивать разрешающую способность контроля, или совмещать их».

Таблица 5.6 – SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>1) Высокая надежность 2) Стабильность в получении результатов измерения 3) Простота эксплуатации. 4) Малая потребляемая мощность 5) Получение реальных изображений, положения и размеров дефектов.</p>	<p>1) Сильно зависит от температуры, влажности окружающей среды 2) Низкая помехозащищенность 3) Необходимость при измерении фиксировать фазированную решетку максимально перпендикулярно к поверхности поддоны</p>
<p>Возможности 1)Изменение параметров устройства, сигнала и метода обработки его обработки для конкретного заказчика 2)Увеличение спроса на систему 3)Повышение стоимости проекта 4) Низкая конкуренция на рынке среди подобных устройств (устройство, реализующее данный метод измерения будетвысоко конкурентоспособным)</p>	<p>Хорошие технические характеристики, индивидуальный подбор регулируемых параметров измерительного прибора позволяют занять свою рыночную нишу, особенно в условиях низкой конкуренции на рынке.</p>	<p>Данные проблемы присущи всем типам подобных устройств. Низкая конкуренция на рынке позволит прибору найти свое место на рынке.</p>

Продолжение таблицы 5.6

Угрозы	Особенности	Улучшение
<p>1) Возможное повышение себестоимости прибора, реализующего данный метод обработки сигнала, вследствие экономической политики</p>	<p>устройства: высокая точность измерения и стабильность получения результата, позволят даже при повышении стоимости прибора сохранить на него спрос.</p>	<p>помехозащищенности может привести к повышению себестоимости прибора, реализующего данный метод обработки сигнала.</p>
<p>2) Консерватизм предприятий, нежелание внедрения новых технологий на производство взамен старым</p>	<p>Использование данного прибора способно заметно повысить эффективность выявления дефекта в поддонах.</p>	
<p>3) Несвоевременное финансирование проекта</p>		

Был проведен SWOT-анализ научно-исследовательского проекта с выявлением слабых и сильных сторон их возможностей и угроз. Малая потребляемая мощность является сильной стороной проекта, что повлияет на повышение конкурентоспособности и спроса. Технические характеристики разрабатываемого прибора лучше, чем у аналога, что играет важную роль.

5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ. К ним можно добавить ФСА-анализ, метод Кано. Однако, в большей степени все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно предложить не менее трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.

В противном случае, если разработка не относится к вышеописанным стадиям, рекомендуется использовать морфологический подход, так как возникают сложности применения вышеописанных методов на предпроектной и начальной стадиях проведения научных исследований.

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы исследования.
2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.
3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике. В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица.

4. Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений. На этом этапе описываются возможные варианты решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения. Для данной матрицы это может быть АЗБЗВ2Г2Д5Е1Ж135И1.

В рамках бакалаврской работы при использовании морфологического подхода следует предложить не менее трех вариантов решения технической задачи, поставленной в работе, которые будут использоваться в дальнейших расчетах.

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 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.

На данном этапе составляется полный перечень проводимых работ, и определяются их исполнители и оптимальная продолжительность. Результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика. Для его построения составим перечень работ и соответствие работ своим исполнителям, продолжительность выполнения этих работ и сведем их в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Подготовительный этап		
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%

Продолжение таблицы 5.7

Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 80% И – 80%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 100%
Изучение предметной области	И	И – 100%
Анализ динамических свойств системы автоматического регулирования скорости двигателя с интервальными параметрами		
Расчет модели, приведение полученных результатов	НР, И	НР – 30% И – 100%
Оформление методики синтеза регулятора	НР, И	НР – 10% И – 100%
Экономическое обоснование		
Анализ перспективности разработки, оценка целесообразности разработки и затрат	И	И – 100%
Анализ опасных и вредных производственных факторов		
Анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды, защита в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	И	И – 100%
Документирование		
Составление и согласование расчетно-пояснительной записки	НР, И	НР – 10% И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 100% И – 100%

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

В данном случае используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

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

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (5.2)$$

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице 5.8 работ требуются специалисты:

- инженер;
- научный руководитель.

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:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (5.3)$$

где $t_{ож}$ – трудоемкость работы, чел/дн.;

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

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации

и согласование работ ($K_d = 1.2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_K, \quad (5.4)$$

где $T_{РД}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (5.5)$$

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

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

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1.205$$

В таблице 5.8 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе

Таблица 5.8 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Подготовительный этап								
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1	2	1,4	1,68	-	2,02	-
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	4	6	4,8	2,88	5,76	3,47	6,93
Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1,4	1,68	1,68	2,02	2,02
Изучение предметной области	И	7	10	8,2	-	9,84	-	11,85
Анализ динамических свойств системы автоматического регулирования скорости двигателя с интервальными параметрами								
Расчет модели, приведение полученных результатов	И	14	20	16,4	1,39	19,68	1,67	23,69
Оформление методики синтеза регулятора	И	5	7	5,8	-	6,96	-	8,39

Продолжение таблицы 5.8

Экономическое обоснование								
Анализ перспективности разработки, оценка целесообразности разработки и затрат	И	3	5	3,8	–	4,56	-	5,49
Анализ динамических свойств системы автоматического регулирования скорости двигателя с интервальными параметрами								
Анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды, защита в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	И	1	2	1,4	-	1,68	-	2,02
Документирование								
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	3	5	3,8	–	4,56	-	5,49
Оформление графического материала	И	3	5	3,8	–	4,56	-	5,49
Подведение итогов	НР, И	1	2	1,4	1,68	1,68	2,02	2,02
Всего:				52,2	9,31	60,96	11,2	73,39

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов выполнена работа на каждом этапе. Данная величина вычисляется по формуле:

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{K=1}^i TP_K}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{K=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{Km}}{\sum_{K=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{Km}}, \quad (5.6)$$

где $TP_{общ.}$ – общая трудоемкость проекта;

TP_i (TP_K) – трудоемкость i -го (K -го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;

TP_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;

TP_i^j (TP_K^j) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, $m = 2$.

Результаты вычислений отражены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	$TP_i, \%$	$CG_i, \%$
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2,03	2,03
Составление и утверждение ТЗ	10,47	12,5
Разработка календарного плана	4,07	16,57
Изучение предметной области	12,93	29,5
Расчет модели, приведение полученных результатов	25,67	55,17
Оформление методики синтеза регулятора	15,87	71,04
Анализ перспективности разработки, оценка целесообразности разработки и затрат	6,13	77,17

Продолжение таблицы 5.9

Этап	$TP_i, \%$	$CG_i, \%$
Анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды, защита в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	4,53	81,7
Составление и согласование расчетно-пояснительной записки	7,7	89,4
Оформление графического материала	5,53	94,93
Подведение итогов	5,07	100

Таблица 5.10 – Линейный график работ.

Этап	Н	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	2,02	-	■										
2	3,47	6,93	■	■									
3	2,02	2,02		■									
4	-	11,85		■	■								
5	1,67	23,69			■	■	■						
6	-	8,39					■	■					
7	-	5,49						■	■				
8	-	2,02							■	■			
9	-	5,49								■	■		
10	-	5,49										■	■
11	2,02	2,02											■

НР – ■ И – ■

5.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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:

- материалы и покупные изделия;
- затрат на специальное оборудование
- амортизационные расходы;
- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата
- отчисления в внебюджетные фонды;
- затрат на научные и производственные командировки.
- Контрагентные расходы

5.3.4.1 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 5.5.

Таблица 5.11 – Расходные материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб	Количество	Сумма, руб
Бумага для принтера формата А4	150	2уп.	300
Ручка шариковая	10	2 шт.	20
Карандаш	10	1 шт.	10
Оплетка для расчетно-пояснительной записки	40	1 шт.	40
Итого:			370

Пусть ТЗР составляет 5% от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны

$$C_{MAT} = 370 \times 1.05 = 388.5 \text{ руб.}$$

5.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Специальное оборудование, необходимое для проведения ВКР – компьютер (ПК, монитор, клавиатура, компьютерная мышь, либо ноутбук и компьютерная мышь) общей стоимостью 40000 руб. [18]

Таблица 5.12 – Перечень затрат на специальное оборудование

Наименование	Кол-во, шт.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Компьютер	1	40000	40000
Всего за материалы			40000

5.3.4.3 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:

$$C_{AM} = H_A \cdot C_{OB} \cdot m \cdot n, \quad (5.7)$$

где H_A – годовая норма амортизации, $H_A = 33,3\%$;

C_{OB} – цена оборудования, $C_{OB} = 40000 \text{ руб.}$;

m – срок службы компьютера, $m = 3$ года;

n – число задействованных ПЭВМ, $n = 1$.

Итак, затраты на амортизационные отчисления составили:

$$C_{AM} = 33,3\% \cdot 40000 \cdot 3 \cdot 1 = 40000 \text{ руб.}$$

5.3.4.4 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату научного

руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата (ЗП_{дн-т}) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн-т} = MO / 24.83 \quad (5.8)$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 5.6. При расчете учитывалось, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце 24,83 рабочих дня. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 5.2. Также был принят во внимание учитывающий коэффициент дополнительной заработной платы $K_{ДЗП} = 1.1$; $K_{доп.ЗП} = 1.188$; $K_p = 1.3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{И} = 1.1 \times 1.188 \times 1.3 = 1.699$.

Таблица 5.13 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23264,86	936,97	9	1,699	14327,21
И	7915	318,77	61	1,699	33037
Итого:					47364,21

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили

$$C_{осн} = 47364.21 \text{руб.}$$

5.3.4.5 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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 формуле:

$$C_{доп} = K_{доп} \cdot C_{осн}, \quad (5.9)$$

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

$$C_{доп} = K_{доп} \cdot C_{осн} = 47364.21 \times 0.12 = 5683.71 \text{ руб.}$$

5.3.4.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{внеб} = K_{внеб} (C_{осн} + C_{доп}), \quad (5.10)$$

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

На 2019 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 2019 году водится пониженная ставка – 28%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 5.3.4.5.1).

Таблица 5.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная плата, т. Р.	Доп. Плата, т. Р.
	И1	И1
НР	14327,21	1719,27
И	33037	3964,44
Коэф.Отчислений	0,28	
Итого		
И1	(14327,21+33037+1719,27+3964,44)*0,28=14,85 тыс. руб.	

5.3.4.7 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов.

Там нет связанных сборов за наш проект.

5.3.4.8 Контрагентные расходы

Наш проект - программа без контрагентных расходов.

5.3.4.9 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:

$$C_{накл} = (\text{сумма статей} \times \frac{1}{7}) \cdot K_{нр}, \quad (5.11)$$

где $K_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере

16%.

5.3.4.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 5.15 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование	Сумма, руб
	И1
1. Фин. затраты	370
2. Расходы на спец. Оборуд.	40000
3. Амортизационные расходы	40000
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	47364,21
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5683,71
6. Отчисления во внебюджетные фонды	14850
7. Затраты на научные и производственные командировки	0
8. Контрагентские расходы	0
9. Накладные расходы	3388,98
10. Бюджет затрат НИИ	151656,9

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

Интегральный фин. показатель эффективности:

$$I_{fin}^{isp} = \frac{\Phi_{\text{ни}}}{\Phi_{\text{мах}}}$$

$\Phi_{\text{ни}}$ – стоимость и-го варианта создания

$\Phi_{\text{мах}}$ – максимальный показатель стоимости научного исследования

$$I_{fin}^{isp1} = \frac{\Phi_{\text{пн1}}}{\Phi_{\text{мак}}} = \frac{151656,9}{151656,9} \approx 1$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл.5.15).

Таблица 5.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5
4. Энергосбережение	0,20	4
5. Надежность	0,25	4
6. Материалоемкость	0,15	4
ИТОГО	1	3.94

$$I_{p-uch1} = 5*0,1+4*0,15+5*0,15+4*0,2+4*0,25+5*0,05+4*0,01=3,94$$

Таблица 5.17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.814
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.4
3	Интегральный показатель эффективности	5.406
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	—

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

6 Социальная ответственность

Объектом исследования является САР система микрогравитации с конструктивными параметрами.

Цель работы – определение допустимых пределов изменения конструктивных параметров системы микрогравитации.

В процессе выполнения работы использовалась теория автоматического управления и математический аппарат интервального анализа.

Область применения: разработка систем автоматического управления с интервально-неопределенными или изменяющимися в некоторых пределах параметрами.

При анализе динамических свойств системы микрогравитации с конструктивными параметрами, работа выполняется на компьютере, состоящего из системного блока и монитора, Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении. Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. За состоянием безопасности труда установлены строгие государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль. Государственный надзор осуществляют специальные государственные органы и инспекции, которые в своей деятельности не зависят от администрации контролируемых предприятий. Это Прокуратура РФ, Федеральный горный и промышленный надзор России, Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Государственный энергетический надзор РФ, Государственный комитет

санитарно-эпидемиологического надзора РФ (Госкомсанэпиднадзор России), Федеральная инспекция труда при Министерстве труда РФ; Министерство РФ по атомной энергии.

Контроль за состоянием условий труда на предприятиях осуществляют специально созданные службы охраны труда совместно с комитетом профсоюзов. Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер.

Ведомственные службы охраны труда совместно с комитетами профсоюзов разрабатывают инструкции по безопасности труда для различных профессий с учетом специфики работы, а также проводят инструктажи и обучение всех работающих правилам безопасной работы. Различают следующие виды инструктажа: вводный, первичный на рабочем месте, повторный внеплановый и текущий.

Результаты всех видов инструктажа заносят в специальные журналы. За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматривается следующая ответственность: дисциплинарная, административная, уголовная, материальная.

Рабочее место, хорошо приспособленное к трудовой деятельности работника, правильно и целесообразно организованное, в отношении пространства, формы, размера обеспечивает ему удобное положение при работе и высокую производительность труда при наименьшем физическом и психическом напряжении.

Рабочее место - это часть пространства, в котором работник осуществляет трудовую деятельность, и проводит большую часть рабочего времени.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям [19].

Кроме того, стоит сократить время работы за компьютером, делать перерывы при 8-ми часовой смене.

Письменный стол и офисное кресло являются главными составляющими на рабочем месте. Основным рабочим положением является положение сидя. Поэтому для исключения возникновения заболеваний, связанных с малой подвижностью работника, необходимо иметь возможность свободной перемены поз.

Кроме того, необходимо соблюдать режим труда и отдыха с перерывами, заполняемыми “отвлекающими” мышечными нагрузками на те звенья опорно-двигательного аппарата, которые не включены в поддержание основной рабочей позы.

Рабочий стул должен быть снабжен подъемно-поворотным механизмом. Высота сиденья должна регулироваться в пределах (400 - 500) мм. Глубина сиденья должна составлять не менее 380 мм, а ширина - не менее 400 мм. Высота опорной поверхности спинки не менее 300 мм, ширина - не менее 380 мм. Угол наклона спинки стула к плоскости сиденья должен изменяться в пределах (90 – 110).

6.2 Производственная безопасность

Объектом исследования является моделирование системы.

При анализе динамических свойств системы микрогравитации с конструктивными параметрами, работа выполняется на компьютере, состоящего из системного блока и монитора, Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении. Рабочее место представляет собой компьютерный стол

с персональным компьютером.

В связи с этим в данном разделе будет разработан комплекс мероприятий, который позволит свести к минимуму или ликвидировать негативные влияния факторов, возникающие при моделировании системы микрогравитации с конструктивными параметрами[20].

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследования

Цылый ряд негативных факторов, которые может создать объект исследования системы микрогравитации с конструктивными параметрами, показанный в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы при исследовании ИПП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.0.003-74; СанПиН 2.2.4-548-96 [25]; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [26]; ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ [27]; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [24].
2.Превышение уровня шума		+	+	
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	

Продолжение таблицы 6.1

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

Вредные проявления факторов рассматриваемой рабочей зоны выражаются в электромагнитном и электрическом излучениях (ЭМИ и ЭСИ). Объясняется это тем, что ПК оснащают сетевыми фильтрами, источниками бесперебойного питания и другим оборудованием, что в совокупности формирует сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя. Техногенные ЭМП приводят к следующему: появление головной боли, повышение температуры тела, ожоги, катаракты. Радиочастотное ЭМП влияет на нервную и сердечно – сосудистую системы [20]. Источником ЭСП является экран ПК и трение поверхности клавиатуры и компьютерной мыши. ЭСП может способствовать нарушению гормональной и иммунной систем. Показатели ЭМИ и ЭСИ на рабочих местах с ПК представлены в таблице 6.2 [21].

Таблица 6.2 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК

Наименование параметров		ВДУ ЭМИ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. При работе с ПК должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата: температура воздуха, поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха. Лаборатория является помещением, относящимся к категории помещений, где выполняются легкие физические работы, поэтому должны соблюдаться следующие требования:

Таблица 6.3 – Оптимальные показатели микроклимата на рабочем месте производственных помещений для категории работ Ia

Период года	Температура воздуха, С	Температура поверхностей, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	(22 – 24)	(21 – 25)	(40 – 60)	0,1
Теплый	(23 – 25)	(22 – 26)	(40 – 60)	0,1

Важнейшим физическим фактором является освещенность производственного помещения в целом и рабочего места конкретно. С этой целью производят нормирование производственного освещения, поскольку

такие показатели как: яркость дисплея экрана, частота обновления изображения, общая освещенность в рабочей зоне оказывают сильнейшее влияние на зрение работника.

Работа, выполняемая с использованием ПК, имеют следующие недостатки:

- отражение экрана;
- вероятность появления прямой блескости;
- ухудшенная контрастность между изображением и фоном.

При выполнении работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения (0,3...0,5) мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5 %, а при зрительной работе средней точности (наименьший размер объекта различения (0,5...1,0) мм) КЕО должен быть не ниже 1,0%. В качестве источников искусственного освещения используются люминесцентные лампы типа ЛБ, которые попарно объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно [22]. Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная - 750лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300лк соответственно. При работе с ПК возникают акустические поля. Воздействие шума может привести к ухудшению слуха. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте кроме того приводит к снижению внимания персонала, замедлению скорости психических реакций [23]. Источниками шумовых помех могут стать вентиляционные установки, кондиционеры, ЭВМ и его периферийные устройства. Длительное воздействие этих шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала. Таблица 6.4 – Допустимый уровень звукового давления по видам трудовой деятельности [29]

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Научная деятельность в лаборатории для теоретических работ	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

6.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Для создания и поддержания в лаборатории оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года должно использоваться водяное отопление, а в теплое время года применяться кондиционирование воздуха. На рабочем месте должно применяться также искусственное освещение помимо естественного, которое осуществляется системой общего равномерного освещения, а при работе с документами следует применять комбинированное освещение. Кроме того, рабочий стол следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал слева. Работа за компьютером относится к V зрительному разряду (работа малой точности). Следовательно, требуемая освещенность помещения может быть обеспечена следующими типами ламп:

- лампа белого свечения (ЛБ) или холодного белого свечения (ЛХБ);
- металлогалогенная лампа (МГЛ);
- ртутная лампа высокого давления (ДРЛ);

На рабочем месте желательно применение комбинированной системы освещения: люминесцентные лампы типа ЛД. Люминесцентные лампы имеют ряд существенных преимуществ: излучаемый ими свет близок к дневному, естественному свету; обладают повышенной светоотдачей, имеют более длительный срок службы [22].

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014[24] эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА.

В качестве мер по снижению шума можно предложить следующее:

- облицовка потолка и стен звукопоглощающим материалом. Снижает шум на 6-8 дБ;
- рациональная планировка помещения. установка в компьютерных помещениях оборудования, производящего минимальный шум;
- экранирование рабочего места, путем постановкой перегородок, диафрагм;

Дисплеи должны проходить испытания на соответствие требованиям безопасности, например, международным стандартам MRP 2, TCO 99.

6.3 Экологическая безопасность

Работа с ПК не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

Исключением являются лишь случаи утилизации персонального компьютера и индукционного преобразователя как твердого отхода и как следствие загрязнение почвы или выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, углекислого газа, образование тепла в случае пожара.

При завершении срока службы ПК, его можно отнести к отходам электронной промышленности. Переработка таких отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для

дальнейшего использования (например, кремний, алюминий, золото, серебро, редкие металлы) согласно [25,26]. Пластмассовые части ПК утилизируются при высокотемпературном нагреве без доступа воздуха.

Части компьютера, печатные платы, содержащие тяжелые металлы и замедлители горения могут при горении выделять опасные диоксиды. Поэтому для опасных отходов существуют специальные печи, позволяющие использовать теплоту сжигания. Но подобный способ утилизации является дорогостоящим, поэтому не стоит исключать вероятность образования токсичных выбросов.

Отходы, не подлежащие переработке и вторичному использованию, подлежат захоронению на полигонах или в почве. Предельно допустимые концентрации токсичных веществ в почве (ПДКп, мг/кг) должны быть соблюдены в соответствии с [27].

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Вероятной чрезвычайной ситуацией возникающей при проведении анализа динамических свойств системы микрогравитации с конструктивными параметрами является пожар. При этом причинами возникновения пожара могут быть:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции;
- использование поврежденных (неисправных) электроприборов;
- использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- возникновение пожара вследствие попадания молнии в здание; возгорание здания вследствие внешних воздействий;
- неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных

и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Для профилактики пожара чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания, определение опасных факторов и обоснование способов и средств пожар предупреждения и защиты [28].

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности - ликвидация возможных источников воспламенения.

В целях предотвращения пожара предлагается проводить с инженерами, работающими в лаборатории, противопожарный инструктаж.

В лаборатории источниками воспламенения могут быть неисправное электрооборудование, неисправности в электропроводке, электрических розетках и выключателях.

Несоблюдение мер пожарной безопасности и курение в помещении также может привести к пожару. Поэтому курение в помещении лаборатории необходимо категорически запретить.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации и приступить к ликвидации пожара углекислотными огнетушителями.

При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

6.5 Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрены вопросы по обеспечению безопасности персонала, работающего на оборудовании. На персонал могут воздействовать следующие опасные и вредные производственные факторы: повышенный уровень шума на рабочем месте; недостаточная освещенность рабочей зоны;

отклонение показателей микроклимата в помещении; нервно-психические перегрузки; электрический ток. Все эти опасные и вредные факторы могут негативно влиять на человека, и, для исключения или уменьшения этого влияния, необходимо использовать средства коллективной и индивидуальной защиты. При соблюдении всех необходимых мер безопасности, в том числе соблюдение требований к организации рабочих мест оборудование может эксплуатироваться с наименьшей степенью риска для здоровья человека.

Заключение

В результате данной работы была проведена оценка допустимых пределов изменения конструктивных параметров системы микрогравитации, при которых она сохраняет желаемое качество работы. Для этого была построена математическая модель САР и получено её характеристическое уравнение. Для определения допустимых пределов их изменения использовался метод определения допустимых пределов коэффициентов полинома системы с желаемым качеством. Из него были определены области допустимых значений конструктивных параметров m_k и l системы микрогравитации. Для проверки полученных результатов проведено моделирование САР в Simulink Matlab и установлено, что система при изменении m_k и l сохраняет устойчивость с заданным качеством.

Наконец, был разработан решатель области конструктивных параметров с использованием языка программирования C # в среде Microsoft visio studio, основанный на алгоритме построения области допустимых значений конструктивных параметров САР.

Рассмотрены вопросы финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения, вопросы социальной ответственности.

Список используемых источников

1. Баженов В.И. Моделирование основных характеристик и процессов функционирования космических аппаратов / М.И. Осин, Ю.В. Захаров – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
2. Пятибратов Г.Я., Состояние, проблемы и пути совершенствования систем имитации невесомости для наземной отработки изделий космической техники / В.П. Папирняк, В.Г. Полежаеви и др. // Изв. вузов Сев.-Кавк. региона. Технические науки, – 1995. – № 3-4. – С. 39-49.
3. Пилотируемые полеты в космос: Тез. докл. 1.1 Межд. науч.-практ. конф. (11-12 ноября 1997 г., Звездный городок Моск. обл. РФ). – М.: Ргниицпк, 1997. – 379 с.
4. Woods D. Space Station Robotics Task Validation and Training / M. Kearney, D. Grosse // Teleoperation and Robotics in Space. Progress in astronautics and aeronautics. – 1994. – P. 475-478.
5. Разработка следящих систем испытательного стенда для отработки сложных механических систем навигационного оборудования: Отчет о НИР / ТПИ- Рук. Мельников Ю.С. – Томск. – 1985. – 64 с.
6. Харитонов В.Л. Задача распределения корней характеристического полинома автономной системы / В.Л. Харитонов // Автоматика и телемеханика. – 1981. – № 5. – С. 53-57.
7. Necessary and sufficient conditions for the stability of a linear family of polynomials. A.P. Zhabko, V.L. Kharitonov // Automation and Remote Control. – 1994. – Vol. 55, № 10. – P. 1496-1503.
8. Гайворонский С.А. Определение реберного маршрута для анализа робастной секторной устойчивости интервального полинома // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2005. – № 5. – С. 11-15.
9. Дядик В.Ф. Теория автоматического управления: учебное пособие / В.Ф. Дядик, С.А. Байдали, Н.С. Криницын. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 196 с.

10. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. – М.: Наука, 1986. – 613 с.
11. Петров Б.Н. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза / Б.Н. Петров, Н.И. Соколов, А.В. Липатов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
12. Вадутов, О.С. Определение границ областей локализации нулей и полюсов системы с интервальными параметрами / О.С. Вадутов, С.А. Гайворонский // Изв. Томского политех. ун-та. 2003. – Т.306. №1.– С.64-68.
13. Алефельд, Г. Введение в интервальные вычисления / Г. Алефельд, Ю. Херцбергер. – М.: Мир, 1987. – 356 с.
14. Кондратов, В.Е. Matlab как система программирования научно-технических расчетов: монография / В.Е. Кондратов, С.Б. Королев. – М.: Мир, 2002. – 350 с.
15. Поршнева С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB / С.В. Поршнева. – М.: Горячая Линия–Телеком, 2003. – 592 с.
16. Черных, И. В. Simulink: среда создания инженерных приложений / И.В. Черных. – М.: Диалог–МИФИ, 2003. – 496 с.
17. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
18. Прейскурант цен на электронные компоненты и приборы магазина «Чип и Дип» [Электронный ресурс <http://chipdip.ru>] – Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/catalog/computers-component-parts> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения 28.05.2021)
19. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
20. Панин В.Ф. Экология для инженера / Сечин А.И., Федосова В.Д. / Под

ред. Проф. В.Ф. Панина. – М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. – 284 с.

21. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно – вычислительным машинам и организации работы»

22. СНиП 23 – 05 – 95 «Естественное и искусственное освещение» (с изменением N 1) [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно – технической документации.

23. Амелькович Ю.А. Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие / Ю.В. Анищенко, А.Н. Вторушина, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, А.Г. Дашковский, Т.А. Задорожная, В.Н. Извеков, А.Г. Кагиров, К.М. Костырев, В.Ф. Панин, А.М. Плахов, С.В. Романенко. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 236 с.

24. ГОСТ 12.1.003-2014. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

25. ФЗ "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.

26. ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.99 М 96-ФЗ [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.

27. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский политехнический университет. – 3-е изд., перераб. И доп. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.

28. Нагорный В.М. Организация работы комиссии по чрезвычайным ситуациям объекта / Г.М. Федоров. / Под ред. В.В. Шевченко. – [Электронный ресурс].

Приложение А

(обязательное)

Программа решателя ОКП

Form1.cs

```
using System; using System.IO; using System.Text; using System.Windows.Forms;
namespace algorithm_Interval
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public static double K2 = 2; public static double K0 = 14; public static double Kyc = 25;
        public static double Ry = 30; public static double CM = 0.1; public static double i = 25;
        public static double Rk = 0.05; public static double m2 = 180; public static double g = 9.8;
        public static double Kg = 1; public static double D = 2; public static double n = 3;
        public static double mk; public static Form1 frm1; public static int AC = 0;
        public Form1()
        {
            InitializeComponent(); frm1 = this;
        }
        public void Drawing()
        {
            chart1.Series["Lmax"].Points.Clear(); chart1.Series["Lmin"].Points.Clear();
            for (mk = 0.05; mk <= 20; mk += 0.05)
            {
                double a3 = mk * Ry;
                double a2 = Kg * Kyc * CM * i * K2 / Rk;
                double a0 = Kg * Kyc * CM * i * K0 / Rk;
                double A1min1 = Math.Sqrt(D * a0 * a2);
                double A1min2 = a0 * a3 / 0.465 / a2 + a2 * n;
                double a1min = Math.Max(A1min1, A1min2);
                double a1max = a2 * a2 / D / a3;
                double Lmax = (mk + m2) * g * Ry / a1min;
                double Lmin = (mk + m2) * g * Ry / a1max;
                chart1.Series["Lmax"].Points.AddXY(mk, Lmax);
                chart1.Series["Lmin"].Points.AddXY(mk, Lmin);
            }
        }
        private void Button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            frm1.Drawing();
        }
        private void Button2_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Form2 fm = new Form2(); fm.ShowDialog();
        }
        private void TextBox2_TextChanged(object sender, EventArgs e)
        {
            D = Convert.ToDouble(textBox2.Text);
        }
        private void TextBox1_TextChanged(object sender, EventArgs e)
        {
            n = Convert.ToDouble(textBox1.Text);
        }
        private void 关闭ToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Close();
        }
        private void 打印ToolStripMenuItem1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            bool showPrintDialog = false; chart1.Printing.Print(showPrintDialog);
        }
    }
}
```



```

private void ПредварительныйПросмотрToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    chart1.Printing.PrintPreview();
}
private void ОткрытьToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    OpenFileDialog dialogopen = new OpenFileDialog(); dialogopen.Multiselect = false;
    dialogopen.Title = "Выберите документ"; dialogopen.Filter = "Все файлы(*.txt)*.txt";
    if (dialogopen.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        string openfile = dialogopen.FileName; int counter = 0; int ip = 0; string line;
        double[] parameter = new double[12]; StreamReader file = new StreamReader(@openfile);
        while ((line = file.ReadLine()) != null)
        {
            char ctemp = '\t';
            if (counter != 0 && counter != 3 && counter != 4)
            {
                string value_parameter = line.Substring(line.IndexOf(ctemp) + 1);
                parameter[ip] = Convert.ToDouble(value_parameter); ip++;
            } counter++;
        }
        D = parameter[0]; n = parameter[1]; K2 = parameter[2];
        K0 = parameter[3]; Kyc = parameter[4]; Ry = parameter[5]; CM = parameter[6]; i = parameter[7];
        Rk = parameter[8]; m2 = parameter[9]; g = parameter[10]; Kg = parameter[11];
        textBox2.Text = Convert.ToString(D); textBox1.Text = Convert.ToString(n); frm1.Drawing();
    }
}
private void СохранитьПараметрыToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    SaveFileDialog dialogsave = new SaveFileDialog();
    dialogsave.Title = "Сохранить документ"; dialogsave.Filter = "Все файлы(*.txt)*.txt";
    if (dialogsave.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        string file = dialogsave.FileName; StreamWriter sw = new StreamWriter(file, false, Encoding.Default);
        sw.WriteLine("Желаемое качество: ");
        sw.WriteLine("Сектор  $\delta$ : " + "\t" + Convert.ToString(D).Trim());
        sw.WriteLine("Степень устойчивости  $\eta$ : " + "\t" + Convert.ToString(n).Trim());
        sw.WriteLine("\n" + "Постоянные параметры: ");
        sw.WriteLine("K2: " + "\t" + Convert.ToString(K2).Trim());
        sw.WriteLine("K0: " + "\t" + Convert.ToString(K0).Trim());
        sw.WriteLine("Kyc: " + "\t" + Convert.ToString(Kyc).Trim());
        sw.WriteLine("Ry: " + "\t" + Convert.ToString(Ry).Trim());
        sw.WriteLine("CM: " + "\t" + Convert.ToString(CM).Trim());
        sw.WriteLine("i: " + "\t" + Convert.ToString(i).Trim());
        sw.WriteLine("Rk: " + "\t" + Convert.ToString(Rk).Trim());
        sw.WriteLine("m2: " + "\t" + Convert.ToString(m2).Trim());
        sw.WriteLine("g: " + "\t" + Convert.ToString(g).Trim());
        sw.WriteLine("Kg: " + "\t" + Convert.ToString(Kg).Trim()); sw.Flush(); sw.Close();
    }
}
private void chart_MouseMove(object sender, MouseEventArgs e)
{
    if (AC == 1)
    {
        double XVuale = chart1.ChartAreas[0].AxisX.PixelPositionToValue(e.X);
        double YVuale = chart1.ChartAreas[0].AxisY.PixelPositionToValue(e.Y);
        if (XVuale > chart1.ChartAreas[0].AxisX.Maximum)
        {
            XVuale = chart1.ChartAreas[0].AxisX.Maximum;
        }
        else if (XVuale < chart1.ChartAreas[0].AxisX.Minimum)
        {
            XVuale = chart1.ChartAreas[0].AxisX.Minimum;
        }
    }
}

```

```

        }

        if (YVuale > chart1.ChartAreas[0].AxisY.Maximum)
        {
            YVuale = chart1.ChartAreas[0].AxisY.Maximum;
        }
        else if (YVuale < chart1.ChartAreas[0].AxisY.Minimum)
        {
            YVuale = chart1.ChartAreas[0].AxisY.Minimum;
        }
        chart1.ChartAreas[0].CursorX.Position = XVuale; chart1.ChartAreas[0].CursorY.Position = YVuale;
        labX.Text = XVuale.ToString("0.00"); labY.Text = YVuale.ToString("0.00");
    }
}
private void chart_MouseClick(object sender, MouseEventArgs e)
{
    if (AC == 0)
    {
        AC = 1;
    }
    else
    {
        AC = 0;
    }
}
}
}
}

```

Form2.cs

```

using System; using System.Windows.Forms;
namespace algorithm_Interval
{
    public partial class Form2 : Form
    {
        public Form2()
        {
            InitializeComponent();
            textBox1.Text = Convert.ToString(Form1.K2); textBox2.Text = Convert.ToString(Form1.K0);
            textBox3.Text = Convert.ToString(Form1.Kyc); textBox4.Text = Convert.ToString(Form1.Ry);
            textBox5.Text = Convert.ToString(Form1.CM); textBox6.Text = Convert.ToString(Form1.i);
            textBox7.Text = Convert.ToString(Form1.Rk); textBox8.Text = Convert.ToString(Form1.m2);
            textBox9.Text = Convert.ToString(Form1.g); textBox10.Text = Convert.ToString(Form1.Kg);
        }
        private void Button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Close();
        }
        private void Button3_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            textBox1.Text = "2"; textBox2.Text = "14"; textBox3.Text = "25"; textBox4.Text = "30";
            textBox5.Text = "0.1"; textBox6.Text = "25"; textBox7.Text = "0.05"; textBox8.Text = "180";
            textBox9.Text = "9.8"; textBox10.Text = "1";
        }
        private void Button2_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Form1.K2 = Convert.ToDouble(textBox1.Text); Form1.K0 = Convert.ToDouble(textBox2.Text);
            Form1.Kyc = Convert.ToDouble(textBox3.Text); Form1.Ry = Convert.ToDouble(textBox4.Text);
            Form1.CM = Convert.ToDouble(textBox5.Text); Form1.i = Convert.ToDouble(textBox6.Text);
            Form1.Rk = Convert.ToDouble(textBox7.Text); Form1.m2 = Convert.ToDouble(textBox8.Text);
            Form1.g = Convert.ToDouble(textBox9.Text); Form1.Kg = Convert.ToDouble(textBox10.Text);
            Close();
        }
    }
}
}
}

```

Form1.Designer.cs

```
private void InitializeComponent()
{
    this.components = new System.ComponentModel.Container();
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.ChartArea chartArea1 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.ChartArea();
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Legend legend1 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Legend();
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Series series1 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Series();
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.DataPoint dataPoint1 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.DataPoint(0D, 10D);
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.DataPoint dataPoint2 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.DataPoint(20D, 10D);
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.DataPoint dataPoint3 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.DataPoint(1D, 10D);
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Series series2 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Series();
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.DataPoint dataPoint4 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.DataPoint(0D, 0D);
    System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.DataPoint dataPoint5 = new
System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.DataPoint(20D, 0D);
    System.ComponentModel.ComponentResourceManager resources = new
System.ComponentModel.ComponentResourceManager(typeof(Form1));
    this.chart1 = new System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Chart();
    this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
    this.button2 = new System.Windows.Forms.Button();
    this.textBox1 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.textBox2 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.panel1 = new System.Windows.Forms.Panel();
    this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.文件ToolStripMenuItem = new System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
    this.открытьToolStripMenuItem = new System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
    this.сохранитьПараметрыToolStripMenuItem = new System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
    this.关闭ToolStripMenuItem = new System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
    this.打印ToolStripMenuItem = new System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
    this.打印ToolStripMenuItem1 = new System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
    this.предварительныйПросмотрToolStripMenuItem = new System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
    this.menuStrip1 = new System.Windows.Forms.MenuStrip();
    this.toolTip1 = new System.Windows.Forms.ToolTip(this.components);
    this.labX = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.labY = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.label4 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label5 = new System.Windows.Forms.Label();
    ((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.chart1)).BeginInit();
    this.panel1.SuspendLayout();
    this.menuStrip1.SuspendLayout();
    this.SuspendLayout();
    //
    // chart1
    //
    chartArea1.AxisX.Minimum = 0D;
    chartArea1.AxisX.Title = "Масса каретки - mk";
    chartArea1.AxisX.TitleFont = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
    chartArea1.AxisY.Minimum = 0D;
    chartArea1.AxisY.Title = "Длина тросса - L";
    chartArea1.AxisY.TitleFont = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F);
    chartArea1.Name = "ChartArea1";
    this.chart1.ChartAreas.Add(chartArea1);
    legend1.Name = "Legend1";
```

```

this.chart1.Legends.Add(legend1);
this.chart1.Location = new System.Drawing.Point(405, 26);
this.chart1.Name = "chart1";
this.chart1.Palette = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.ChartColorPalette.None;
series1.BorderWidth = 2;
series1.ChartArea = "ChartArea1";
series1.ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Spline;
series1.Font = new System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 8F);
series1.Legend = "Legend1";
series1.Name = "Lmax";
series1.Points.Add(dataPoint1);
series1.Points.Add(dataPoint2);
series1.Points.Add(dataPoint3);
series2.BorderWidth = 2;
series2.ChartArea = "ChartArea1";
series2.ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Spline;
series2.Legend = "Legend1";
series2.Name = "Lmin";
series2.Points.Add(dataPoint4);
series2.Points.Add(dataPoint5);
this.chart1.Series.Add(series1);
this.chart1.Series.Add(series2);
this.chart1.Size = new System.Drawing.Size(791, 577);
this.chart1.TabIndex = 0;
this.chart1.Text = "chart1";
this.chart1.MouseClick += new System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.chart_MouseClick);
this.chart1.MouseMove += new System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.chart_MouseMove);
//
// button1
//
this.button1.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 14.25F,
System.Drawing.FontStyle.Bold);
this.button1.Location = new System.Drawing.Point(36, 438);
this.button1.Name = "button1";
this.button1.Size = new System.Drawing.Size(307, 45);
this.button1.TabIndex = 1;
this.button1.Text = "Построить график";
this.button1.UseVisualStyleBackColor = true;
this.button1.Click += new System.EventHandler(this.Button1_Click);
//
// button2
//
this.button2.FlatAppearance.BorderColor = System.Drawing.SystemColors.ActiveBorder;
this.button2.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 14.25F, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.button2.Location = new System.Drawing.Point(39, 54);
this.button2.Name = "button2";
this.button2.Size = new System.Drawing.Size(304, 46);
this.button2.TabIndex = 2;
this.button2.Text = "Постоянные параметры";
this.button2.UseVisualStyleBackColor = true;
this.button2.Click += new System.EventHandler(this.Button2_Click);
//
// textBox1
//
this.textBox1.Location = new System.Drawing.Point(144, 96);
this.textBox1.Name = "textBox1";
this.textBox1.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
this.textBox1.TabIndex = 3;
this.textBox1.Text = "3";
this.textBox1.TextChanged += new System.EventHandler(this.TextBox1_TextChanged);
//
// textBox2
//
this.textBox2.Location = new System.Drawing.Point(144, 20);

```

```

this.textBox2.Name = "textBox2";
this.textBox2.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
this.textBox2.TabIndex = 4;
this.textBox2.Text = "2";
this.textBox2.TextChanged += new System.EventHandler(this.TextBox2_TextChanged);
//
// label1
//
this.label1.AutoSize = true;
this.label1.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.label1.Location = new System.Drawing.Point(6, 22);
this.label1.Name = "label1";
this.label1.Size = new System.Drawing.Size(127, 16);
this.label1.TabIndex = 5;
this.label1.Text = "Желаемый сектор  $\delta$ ";
this.label1.Click += new System.EventHandler(this.Label1_Click);
//
// panel1
//
this.panel1.BorderStyle = System.Windows.Forms.BorderStyle.Fixed3D;
this.panel1.Controls.Add(this.label3);
this.panel1.Controls.Add(this.label1);
this.panel1.Controls.Add(this.textBox2);
this.panel1.Controls.Add(this.textBox1);
this.panel1.Location = new System.Drawing.Point(36, 187);
this.panel1.Name = "panel1";
this.panel1.Size = new System.Drawing.Size(307, 196);
this.panel1.TabIndex = 7;
//
// label3
//
this.label3.AutoSize = true;
this.label3.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.label3.Location = new System.Drawing.Point(6, 67);
this.label3.Name = "label3";
this.label3.Size = new System.Drawing.Size(212, 16);
this.label3.TabIndex = 14;
this.label3.Text = "Желаемая степень устойчивости  $\eta$ ";
//
// label2
//
this.label2.AutoSize = true;
this.label2.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 14.25F, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.label2.Location = new System.Drawing.Point(35, 151);
this.label2.Name = "label2";
this.label2.Size = new System.Drawing.Size(173, 22);
this.label2.TabIndex = 13;
this.label2.Text = "Желаемое качесво";
this.label2.Click += new System.EventHandler(this.Label2_Click);
//
// 文件ToolStripMenuItem
//
this.文件ToolStripMenuItem.DropDownItems.AddRange(new System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
this.открытьToolStripMenuItem,
this.сохрантьПараметрыToolStripMenuItem,
this.关闭ToolStripMenuItem});
this.文件ToolStripMenuItem.Name = "文件ToolStripMenuItem";
this.文件ToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(52, 21);
this.文件ToolStripMenuItem.Text = "Файл";
//
// открытьToolStripMenuItem

```

```

//
this.открытьToolStripMenuItem.Name = "открытьToolStripMenuItem";
this.открытьToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(133, 22);
this.открытьToolStripMenuItem.Text = "Открыть";
this.открытьToolStripMenuItem.Click += new System.EventHandler(this.ОткрытьToolStripMenuItem_Click);
//
// сохрантьПараметрыToolStripMenuItem
//
this.сохрантьПараметрыToolStripMenuItem.Name = "сохрантьПараметрыToolStripMenuItem";
this.сохрантьПараметрыToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(133, 22);
this.сохрантьПараметрыToolStripMenuItem.Text = "Сохранть";
this.сохрантьПараметрыToolStripMenuItem.Click += new System.EventHandler(this.СохрантьПараметрыToolStripMenuItem_Click);
//
// 关闭ToolStripMenuItem
//
this.关闭ToolStripMenuItem.Name = "关闭ToolStripMenuItem";
this.关闭ToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(133, 22);
this.关闭ToolStripMenuItem.Text = "Закрыть";
this.关闭ToolStripMenuItem.Click += new System.EventHandler(this.关闭ToolStripMenuItem_Click);
//
// 打印ToolStripMenuItem
//
this.打印ToolStripMenuItem.DropDownItems.AddRange(new System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
this.打印ToolStripMenuItem1,
this.предварительныйПросмотрToolStripMenuItem});
this.打印ToolStripMenuItem.Name = "打印ToolStripMenuItem";
this.打印ToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(62, 21);
this.打印ToolStripMenuItem.Text = "Печать";
this.打印ToolStripMenuItem.Click += new System.EventHandler(this.打印ToolStripMenuItem_Click);
//
// 打印ToolStripMenuItem1
//
this.打印ToolStripMenuItem1.Name = "打印ToolStripMenuItem1";
this.打印ToolStripMenuItem1.Size = new System.Drawing.Size(252, 22);
this.打印ToolStripMenuItem1.Text = "Печать график";
this.打印ToolStripMenuItem1.Click += new System.EventHandler(this.打印ToolStripMenuItem1_Click);
//
// предварительныйПросмотрToolStripMenuItem
//
this.предварительныйПросмотрToolStripMenuItem.Name = "предварительныйПросмотрToolStripMenuItem";
this.предварительныйПросмотрToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(252, 22);
this.предварительныйПросмотрToolStripMenuItem.Text = "Предварительный просмотр";
this.предварительныйПросмотрToolStripMenuItem.Click += new System.EventHandler(this.ПредварительныйПросмотрToolStripMenuItem_Click);
//
// menuStrip1
//
this.menuStrip1.Items.AddRange(new System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
this.文件ToolStripMenuItem,
this.打印ToolStripMenuItem});
this.menuStrip1.Location = new System.Drawing.Point(0, 0);
this.menuStrip1.Name = "menuStrip1";
this.menuStrip1.Size = new System.Drawing.Size(1196, 25);
this.menuStrip1.TabIndex = 12;
this.menuStrip1.Text = "menuStrip1";
//
// labX
//

```

```

this.labX.Location = new System.Drawing.Point(76, 538);
this.labX.Name = "labX";
this.labX.Size = new System.Drawing.Size(95, 21);
this.labX.TabIndex = 14;
//
// labY
//
this.labY.Location = new System.Drawing.Point(237, 538);
this.labY.Name = "labY";
this.labY.Size = new System.Drawing.Size(95, 21);
this.labY.TabIndex = 15;
//
// label4
//
this.label4.AutoSize = true;
System.Drawing this.label4.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.label4.Location = new System.Drawing.Point(35, 540);
this.label4.Name = "label4";
this.label4.Size = new System.Drawing.Size(29, 16);
this.label4.TabIndex = 16;
this.label4.Text = "mk:";
//
// label5
//
this.label5.AutoSize = true;
System.Drawing this.label5.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.label5.Location = new System.Drawing.Point(207, 541);
this.label5.Name = "label5";
this.label5.Size = new System.Drawing.Size(19, 16);
this.label5.TabIndex = 17;
this.label5.Text = "L:";
//
// Form1
//
this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 12F);
this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
this.BackColor = System.Drawing.Color.LightSteelBlue;
this.ClientSize = new System.Drawing.Size(1196, 607);
this.Controls.Add(this.label5);
this.Controls.Add(this.label4);
this.Controls.Add(this.labY);
this.Controls.Add(this.labX);
this.Controls.Add(this.label2);
this.Controls.Add(this.menuStrip1);
this.Controls.Add(this.panel1);
this.Controls.Add(this.button2);
this.Controls.Add(this.button1);
this.Controls.Add(this.chart1);
this.Icon = ((System.Drawing.Icon)(resources.GetObject("$this.Icon")));
this.MainMenuStrip = this.menuStrip1;
this.Name = "Form1";
this.Text = "Решатель области КП САР — Чэн Син";
this.Load += new System.EventHandler(this.Form1_Load);
((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.chart1)).EndInit();
this.panel1.ResumeLayout(false);
this.panel1.PerformLayout();
this.menuStrip1.ResumeLayout(false);
this.menuStrip1.PerformLayout();
this.ResumeLayout(false);
this.PerformLayout();
}

```

```

#endregion
private System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Chart chart1;
private System.Windows.Forms.Button button1;
private System.Windows.Forms.Button button2;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox1;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox2;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.Panel panel1;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.Label label3;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem 文件ToolStripMenuItem;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem 关闭ToolStripMenuItem;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem 打印ToolStripMenuItem;
private System.Windows.Forms.MenuStrip menuStrip1;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem 打印ToolStripMenuItem1;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem  предварительныйПросмотрToolStripMenuItem;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem  открытьToolStripMenuItem;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem  сохранитьПараметрыToolStripMenuItem;
private System.Windows.Forms.ToolTip toolTip1;
private System.Windows.Forms.TextBox labX;
private System.Windows.Forms.TextBox labY;
private System.Windows.Forms.Label label4;
private System.Windows.Forms.Label label5;

```

Form2.Designer.cs

```

private void InitializeComponent()
{
    System.ComponentModel.ComponentResourceManager resources = new
System.ComponentModel.ComponentResourceManager(typeof(Form2));
    this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.textBox2 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label4 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label5 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label6 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label7 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label8 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label9 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label10 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.textBox1 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.textBox3 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.textBox4 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.textBox5 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.textBox10 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.textBox9 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.textBox8 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.textBox7 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.textBox6 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
    this.button2 = new System.Windows.Forms.Button();
    this.button3 = new System.Windows.Forms.Button();
    this.SuspendLayout();
    //
    // label1
    //
    this.label1.AutoSize = true;
    this.label1.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
    this.label1.Location = new System.Drawing.Point(51, 33);
    this.label1.Name = "label1";
    this.label1.Size = new System.Drawing.Size(27, 16);

```



```

this.label1.TabIndex = 6;
this.label1.Text = "K2:";
this.label1.Click += new System.EventHandler(this.Label1_Click);
//
// textBox2
//
this.textBox2.Location = new System.Drawing.Point(90, 78);
this.textBox2.Name = "textBox2";
this.textBox2.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
this.textBox2.TabIndex = 7;
this.textBox2.Text = "14";
this.textBox2.TextChanged += new System.EventHandler(this.TextBox2_TextChanged);
//
// label2
//
this.label2.AutoSize = true;
this.label2.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.label2.Location = new System.Drawing.Point(51, 78);
this.label2.Name = "label2";
this.label2.Size = new System.Drawing.Size(27, 16);
this.label2.TabIndex = 8;
this.label2.Text = "K0:";
this.label2.Click += new System.EventHandler(this.Label2_Click);
//
// label3
//
this.label3.AutoSize = true;
this.label3.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.label3.Location = new System.Drawing.Point(51, 120);
this.label3.Name = "label3";
this.label3.Size = new System.Drawing.Size(34, 16);
this.label3.TabIndex = 9;
this.label3.Text = "Kyc:";
this.label3.Click += new System.EventHandler(this.Label3_Click);
//
// label4
//
this.label4.AutoSize = true;
this.label4.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.label4.Location = new System.Drawing.Point(51, 163);
this.label4.Name = "label4";
this.label4.Size = new System.Drawing.Size(26, 16);
this.label4.TabIndex = 10;
this.label4.Text = "Rя:";
//
// label5
//
this.label5.AutoSize = true;
this.label5.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.label5.Location = new System.Drawing.Point(51, 207);
this.label5.Name = "label5";
this.label5.Size = new System.Drawing.Size(29, 16);
this.label5.TabIndex = 11;
this.label5.Text = "СМ:";
//
// label6
//
this.label6.AutoSize = true;
this.label6.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.label6.Location = new System.Drawing.Point(229, 33);

```

```

        this.label6.Name = "label6";
        this.label6.Size = new System.Drawing.Size(14, 16);
        this.label6.TabIndex = 12;
        this.label6.Text = "i:";
        //
        // label7
        //
        this.label7.AutoSize = true;
        this.label7.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
        this.label7.Location = new System.Drawing.Point(229, 78);
        this.label7.Name = "label7";
        this.label7.Size = new System.Drawing.Size(27, 16);
        this.label7.TabIndex = 13;
        this.label7.Text = "Rk:";
        //
        // label8
        //
        this.label8.AutoSize = true;
        this.label8.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
        this.label8.Location = new System.Drawing.Point(229, 120);
        this.label8.Name = "label8";
        this.label8.Size = new System.Drawing.Size(29, 16);
        this.label8.TabIndex = 14;
        this.label8.Text = "m2:";
        //
        // label9
        //
        this.label9.AutoSize = true;
        this.label9.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
        this.label9.Location = new System.Drawing.Point(229, 163);
        this.label9.Name = "label9";
        this.label9.Size = new System.Drawing.Size(18, 16);
        this.label9.TabIndex = 15;
        this.label9.Text = "g:";
        this.label9.Click += new System.EventHandler(this.Label9_Click);
        //
        // label10
        //
        this.label10.AutoSize = true;
        this.label10.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
        this.label10.Location = new System.Drawing.Point(229, 207);
        this.label10.Name = "label10";
        this.label10.Size = new System.Drawing.Size(27, 16);
        this.label10.TabIndex = 16;
        this.label10.Text = "Kg:";
        //
        // textBox1
        //
        this.textBox1.Location = new System.Drawing.Point(90, 33);
        this.textBox1.Name = "textBox1";
        this.textBox1.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
        this.textBox1.TabIndex = 17;
        this.textBox1.Text = "2";
        //
        // textBox3
        //
        this.textBox3.Location = new System.Drawing.Point(90, 120);
        this.textBox3.Name = "textBox3";
        this.textBox3.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
        this.textBox3.TabIndex = 18;
        this.textBox3.Text = "25";

```

```

//
// textBox4
//
this.textBox4.Location = new System.Drawing.Point(90, 163);
this.textBox4.Name = "textBox4";
this.textBox4.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
this.textBox4.TabIndex = 19;
this.textBox4.Text = "30";
//
// textBox5
//
this.textBox5.Location = new System.Drawing.Point(90, 203);
this.textBox5.Name = "textBox5";
this.textBox5.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
this.textBox5.TabIndex = 20;
this.textBox5.Text = "0.1";
//
// textBox10
//
this.textBox10.Location = new System.Drawing.Point(271, 203);
this.textBox10.Name = "textBox10";
this.textBox10.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
this.textBox10.TabIndex = 25;
this.textBox10.Text = "1";
//
// textBox9
//
this.textBox9.Location = new System.Drawing.Point(271, 163);
this.textBox9.Name = "textBox9";
this.textBox9.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
this.textBox9.TabIndex = 24;
this.textBox9.Text = "9.8";
//
// textBox8
//
this.textBox8.Location = new System.Drawing.Point(271, 120);
this.textBox8.Name = "textBox8";
this.textBox8.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
this.textBox8.TabIndex = 23;
this.textBox8.Text = "180";
//
// textBox7
//
this.textBox7.Location = new System.Drawing.Point(271, 78);
this.textBox7.Name = "textBox7";
this.textBox7.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
this.textBox7.TabIndex = 22;
this.textBox7.Text = "0.05";
//
// textBox6
//
this.textBox6.Location = new System.Drawing.Point(271, 33);
this.textBox6.Name = "textBox6";
this.textBox6.Size = new System.Drawing.Size(100, 21);
this.textBox6.TabIndex = 21;
this.textBox6.Text = "25";
//
// button1
//
this.button1.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 10.5F,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)0));
this.button1.ForeColor = System.Drawing.SystemColors.ControlText;
this.button1.Location = new System.Drawing.Point(199, 261);
this.button1.Name = "button1";
this.button1.Size = new System.Drawing.Size(75, 26);

```

```

this.button1.TabIndex = 26;
this.button1.Text = "Cancel";
this.button1.UseVisualStyleBackColor = true;
this.button1.Click += new System.EventHandler(this.Button1_Click);
//
// button2
//
this.button2.Font = new System.Drawing.Font("Times
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
New Roman", 10.5F,
this.button2.ForeColor = System.Drawing.SystemColors.ControlText;
this.button2.Location = new System.Drawing.Point(296, 261);
this.button2.Name = "button2";
this.button2.Size = new System.Drawing.Size(75, 26);
this.button2.TabIndex = 27;
this.button2.Text = "Save";
this.button2.UseVisualStyleBackColor = true;
this.button2.Click += new System.EventHandler(this.Button2_Click);
//
// button3
//
this.button3.Font = new System.Drawing.Font("Times
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
New Roman", 10.5F,
this.button3.ForeColor = System.Drawing.SystemColors.ControlText;
this.button3.Location = new System.Drawing.Point(54, 261);
this.button3.Name = "button3";
this.button3.Size = new System.Drawing.Size(75, 26);
this.button3.TabIndex = 28;
this.button3.Text = "Defaults";
this.button3.UseVisualStyleBackColor = true;
this.button3.Click += new System.EventHandler(this.Button3_Click);
//
// Form2
//
this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 12F);
this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
this.ClientSize = new System.Drawing.Size(433, 314);
this.Controls.Add(this.button3);
this.Controls.Add(this.button2);
this.Controls.Add(this.button1);
this.Controls.Add(this.textBox10);
this.Controls.Add(this.textBox9);
this.Controls.Add(this.textBox8);
this.Controls.Add(this.textBox7);
this.Controls.Add(this.textBox6);
this.Controls.Add(this.textBox5);
this.Controls.Add(this.textBox4);
this.Controls.Add(this.textBox3);
this.Controls.Add(this.textBox1);
this.Controls.Add(this.label10);
this.Controls.Add(this.label9);
this.Controls.Add(this.label8);
this.Controls.Add(this.label7);
this.Controls.Add(this.label6);
this.Controls.Add(this.label5);
this.Controls.Add(this.label4);
this.Controls.Add(this.label3);
this.Controls.Add(this.label2);
this.Controls.Add(this.textBox2);
this.Controls.Add(this.label1);
this.Icon = ((System.Drawing.Icon)(resources.GetObject("$this.Icon")));
this.Name = "Form2";
this.Text = "Постоянные параметры";
this.ResumeLayout(false);
this.PerformLayout();

```

```
}  
  
#endregion  
  
private System.Windows.Forms.Label label1;  
private System.Windows.Forms.TextBox textBox2;  
private System.Windows.Forms.Label label2;  
private System.Windows.Forms.Label label3;  
private System.Windows.Forms.Label label4;  
private System.Windows.Forms.Label label5;  
private System.Windows.Forms.Label label6;  
private System.Windows.Forms.Label label7;  
private System.Windows.Forms.Label label8;  
private System.Windows.Forms.Label label9;  
private System.Windows.Forms.Label label10;  
private System.Windows.Forms.TextBox textBox1;  
private System.Windows.Forms.TextBox textBox3;  
private System.Windows.Forms.TextBox textBox4;  
private System.Windows.Forms.TextBox textBox5;  
private System.Windows.Forms.TextBox textBox10;  
private System.Windows.Forms.TextBox textBox9;  
private System.Windows.Forms.TextBox textBox8;  
private System.Windows.Forms.TextBox textBox7;  
private System.Windows.Forms.TextBox textBox6;  
private System.Windows.Forms.Button button1;  
private System.Windows.Forms.Button button2;  
private System.Windows.Forms.Button button3;
```

Приложение Б

Раздел I

Математическая модель системы микрогравитации

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ91	Чэн Син		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Гайворонский С. А.	к.т.н., доцент		

Консультант – лингвист ШБИП ОИЯ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Сидоренко Татьяна Валерьевна	к.п.н., доцент		

Introduction

Ground tests of the deployment of large space structures (KGKK) designed to operate in zero gravity are becoming more and more relevant. An example of a KGKK can be antennas of solar batteries deployed from the transport position to the working position after the space satellite is put into a given orbit.

The relevance of the tests is explained by the fact that it is necessary to check the reliability of the operation of space technology in ground conditions [1]. For this verification, special test benches are being developed. Microgravity conditions are created on such stands, which allows testing the dynamic properties of KGKK under conditions close to weightlessness [2].

Simulation of weightlessness in terrestrial conditions can be performed in the following ways [3]:

- 1.free fall;
- 2.neutral buoyancy (hydraulic weight);
3. weight loss.

For the first method, an airplane is used, which, with a sharp descent, enters the zero-gravity mode. The disadvantages of this test are the high cost, short duration of weightlessness, and the impossibility of testing large-sized space structures.

Microgravity due to hydraulic weightlessness can be obtained in a pool with water and, like the first method, is costly and is characterized by the complexity of testing large spacecraft products.

Microgravity due to de-weighting is achieved using active force-compensating electromechanical systems and according to [2,3,4] is the most preferable in comparison with other methods.

Weighting of space structures using force-compensating systems is carried out on special stands for simulating weightlessness. When developing these stands, the task is to compensate with electric drives all the forces acting on the links of the KGKK, namely: dry friction forces, gravitational forces, inertia forces of the added masses. If it is possible to ensure their compensation, then the links of the KGKK, under the

influence of the setting forces, will make their movements with the required parameters. The experience of designing microgravity stands shows that complex spatial movements of the KGKK links can be realized by dividing their spatial movements into a vertical component of movement and a horizontal component [5].

Compensation of forces hindering the movement of the KGKK link during their vertical and horizontal movements is provided by adjustable electric drives, which are equipped with force-compensating control systems. With their help, when a disturbing force is applied to the link of the KGKK, the link will move in the vertical and horizontal directions with speed and acceleration, which depend on the magnitude of the external force and the time of its action.

On the basis of the above, conclude that the design of microgravity stands is an important and urgent task and allows testing the dynamics of the deployment of complex mechanical structures of spacecraft in conditions close to zero gravity.

In this work, a horizontal microgravity system was developed. In this system, when an external force acts in the horizontal direction, the carriage, to which the link of the mechanical system (MS) is suspended, will move in the direction of the link movement with its speed and acceleration, thereby imitating the movement of the MS link in zero gravity.

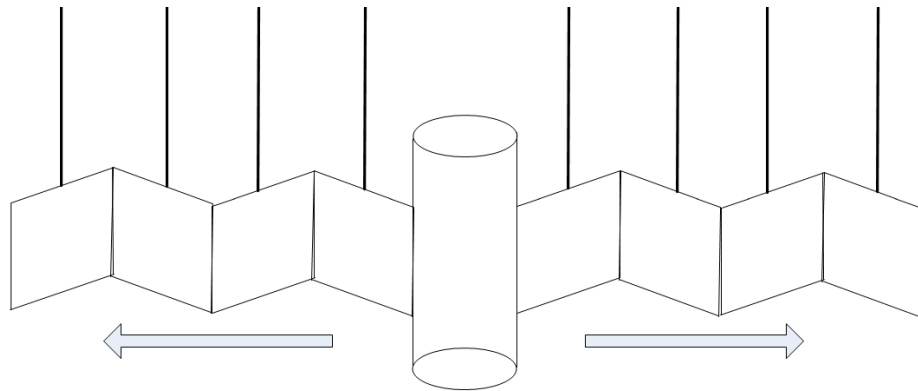
An algorithm has also been developed to determine the range of changes in structural parameters [6,7] in a microgravity system that guarantee the desired quality of its work [8]. To automate the calculations, a program has been developed for determining the range of changes in structural parameters. The analysis of the accuracy of simulating weightlessness under various external influences acting on the MS is carried out.

1 Mathematical model of the microgravity system

1.1 Functional diagram of the microgravity system

Simulate the movement of satellites in space. After the satellite has successfully launched and entered orbit, the satellite's foldable solar panels must be

deployed on both sides. In the developed microgravity system, each solar panel of the satellite is suspended from a rope at the center of gravity. When the satellite begins to unfold the solar panel, a mechanical device above the rope will follow the direction of the solar panel to compensate for the friction, gravity and inertial force caused by the movement of objects in order to simulate the movement of the satellite. in microgravity conditions. The satellite's motion under microgravity conditions is shown in Figure 1.

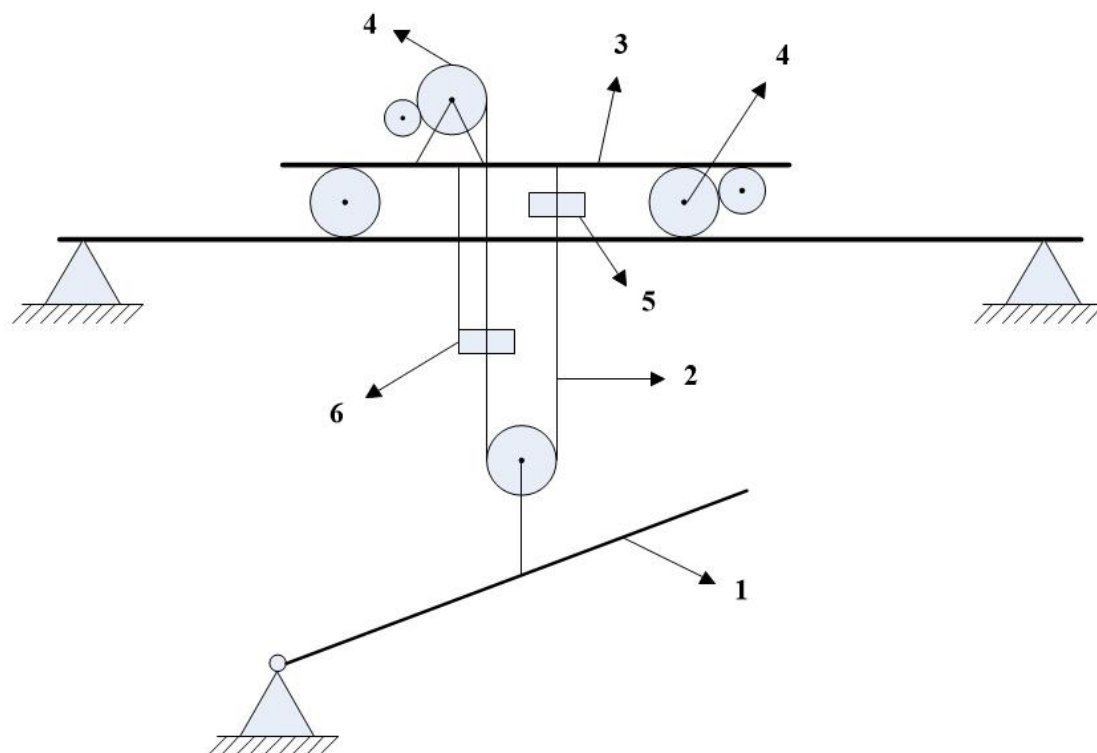


Picture 1 – Opening scheme of the satellite mechanical system

When the solar panel is deployed by a satellite, the suspended cable moves not only in the horizontal direction, but also in the longitudinal direction within a certain range. Therefore, in a microgravity system that simulates the movement of a satellite, it must be divided into 2 control channels:

- Vertical channel (VC);
- Horizontal channel (HC).

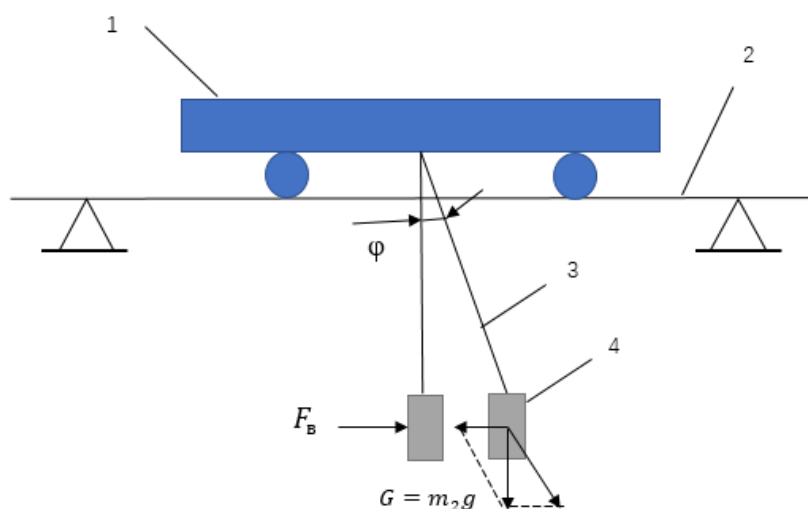
As shown in Figure 2, the mechanical device for implementing the microgravity system mainly consists of a carriage, drums, an electric drive, cables and sensors.



1 – Mechanical system (MS); 2 – Cable; 3 – Kareka; 4 – Electric motor with gearboxes; 5 – Cable tension sensor (CTS); 6 – Speed deviation sensor (SDS).

Picture 2 – Scheme of an automated microgravity stand

When the satellite solar panel is deployed, the solar panel can be viewed as an object suspended from a rope, and it receives external thrust, which can be constant or impulsive, or it can increase steadily. This object will then be moved and the horizontal microgravity system is shown in Figure 3.



1 – Kareka; 2 – Guides; 3 – Cable; 4 – Mechanical system (MS).

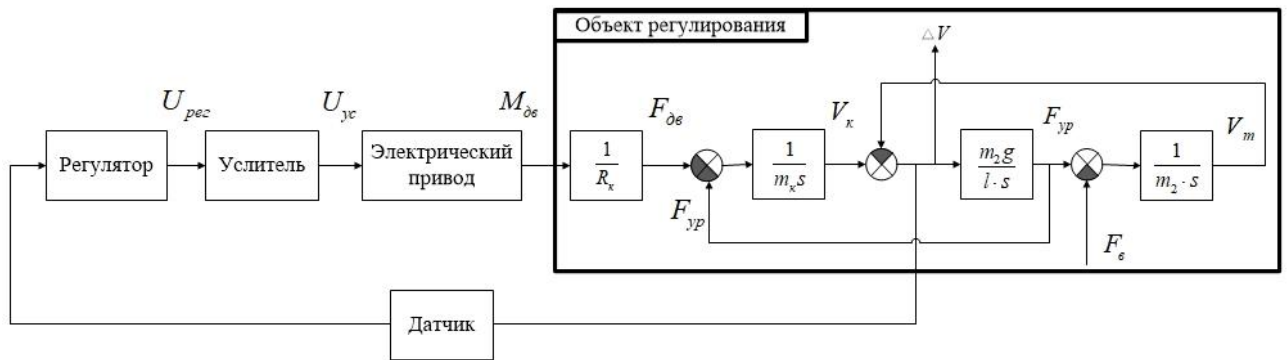
Picture 3 – Horizontal channel control object diagram

Under the action of external thrust F_e , the suspended object m_2 will move forward, and to simulate the trajectory of movement in microgravity conditions, the electric drive will move the carriage forward. The system will transmit the difference between the speed of the carriage V_k and the speed of the suspended object V_m to the regulator through the sensor for automatic adjustment of the system. When the speed difference ΔV is zero, the system is stable. The functional diagram is shown in Figure 4.



Picture 4 – Functional diagram of the microgravity system

Since the external force F_e and the speed difference are related to the mechanical system, the block diagram of the link of the mechanical system is shown in Figure 5. The voltage after the regulator and the amplifier is supplied to the electric drive, and then the resulting torque is calculated to obtain the speed V_k of the carriage. After obtaining the difference between the horizontal pulling force created by gravity and the perturbed force F_e , using Newton's second law, obtain the speed of movement of the load V_m .



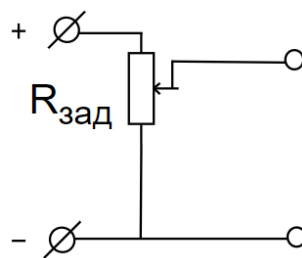
Picture 5 – Functional diagram with a structural diagram of a link of the regulated object

1.2 Link mathematical models

Figure 4 denotes: reference action – F_δ , disturbing factor – $f(t)$, output quantity – ΔV .

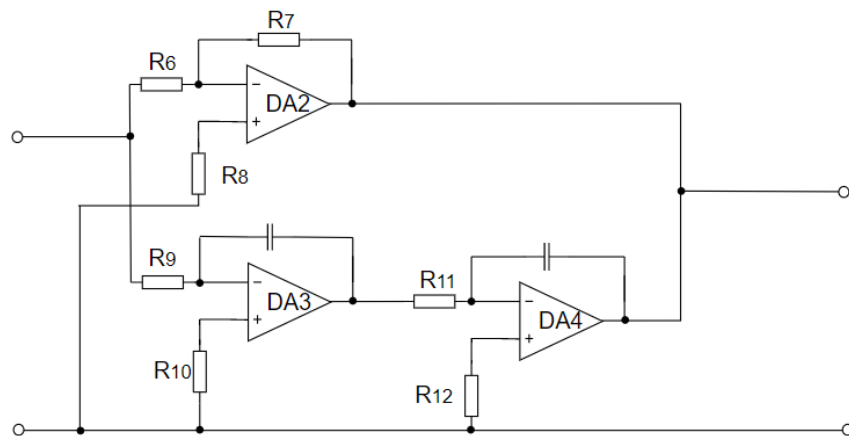
Describe each of the elements included in the microgravity system:

1. Voltage regulator (picture 6)



Picture 6 – Voltage regulator

2. Regulator (picture 7)



Picture 7 – Regulator

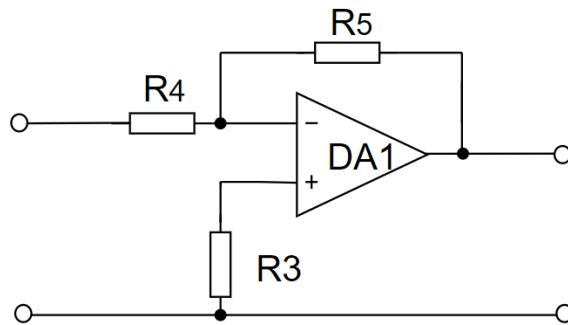
$$\Delta U_{\text{ввлх}}(t) = \frac{k_2 \cdot s^2 + k_0}{s^2} \cdot \Delta U_{\text{ввод}}(t) \quad (1.1)$$

where $\Delta U_{\text{ввод}}(t)$ — regulator input voltage;

$\Delta U_{\text{ввлх}}(t)$ — regulator output voltage;

K_2, K_0 — controller gains.

3. Amplifier (picture 8)



Picture 8 – Amplifier

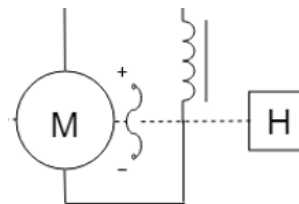
$$\Delta U_{\text{ввлх}}(t) = K_{yc} \cdot \Delta U_{\text{ввод}}(t) \quad (1.2)$$

where $\Delta U_{\text{ввод}}(t)$ — amplifier input voltage;

$\Delta U_{\text{ввлх}}(t)$ — amplifier output voltage;

K_{yc} — amplifier gain.

4. Electric motor with gearboxes (picture 9)



Picture 9 – Electric motor with gearboxes

$$\Delta M_{\text{дв}}(t) = \frac{C_M i}{R_{\text{я}}} \Delta U_{\text{ввод}}(t) \quad (1.3)$$

where $\Delta U_{\text{ввод}}(t)$ — motor input voltage;

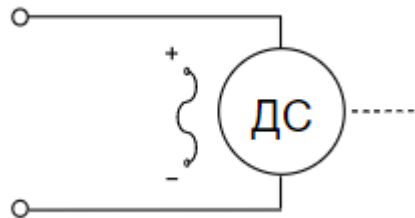
$\Delta M_{\text{дв}}(t)$ — motor output torque;

C_m — motor torque transmission ratio;

i — gear ratio;

R_a — motor armature resistance.

5. Speed sensor (SS) (picture 10)



Picture 10 – Speed sensor

$$\Delta U_{DC}(t) = k_g \cdot \Delta V(t) \quad (1.4)$$

where $\Delta U_{DC}(t)$ — speed sensor output voltage;

ΔV — difference between carriage speed and load speed;

k_g — speed sensor transmission ratio.

1.3 Structural diagram of a microgravity system

To construct a structural diagram of a microgravity system, it is necessary to determine the transfer functions of all elements of the system.

It is known that the transfer function of the ACS link is defined as the ratio of the output signal to the input signal in the Laplace images s at zero initial conditions.

Applying the principle of superposition, which is that the response of the ACS to simultaneously acting input signals is determined by the sum of the responses to each of the signals.

By analogy (1.1) - (1.4), find the transfer functions of the remaining links of the ACS:

1. Regulator:

$$W(s) = \frac{k_2 \cdot s^2 + k_0}{s^2} \quad (1.5)$$

2. Amplifier:

$$W(s) = K_{yc} \quad (1.6)$$

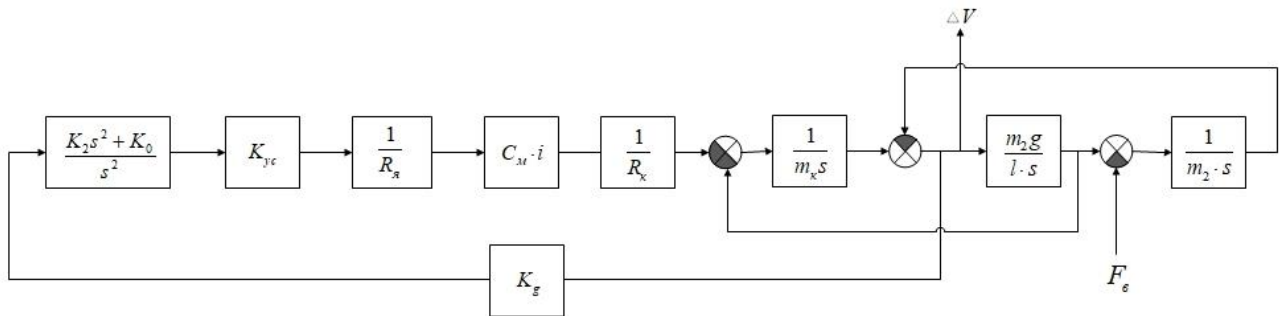
3. Electric motor with gearboxes:

$$W(s) = \frac{C_M i}{R_{\mathcal{A}}} \quad (1.7)$$

4. Speed sensor (SS):

$$W(s) = k_g \quad (1.8)$$

On the basis of (1.5) - (1.18) the obtained transfer functions of the individual links of the automatic control system, it is possible to construct a structural diagram of the entire system for the reference and disturbing influences (Figure 11). To do this, it is necessary to replace the links of the ACS functional diagram with the transfer functions found for them.



Picture 11 – Structural diagram of a microgravity system

1.4 ACS transfer function

Having the block diagram obtained in Figure 11, write down the transfer function of the microgravity system [9,10]:

$$W_{3AM}(s) = \frac{\Delta V}{\Delta F_g} = \frac{\frac{1}{m_2 s}}{1 + \frac{m_2 g}{l \cdot s} \cdot \frac{1}{m_2 s} + \frac{(K_2 s^2 + K_0) K_{yc} C_M i}{R_\kappa R_\kappa s^2} \cdot \frac{1}{m_\kappa s} \cdot K_g + \frac{1}{m_\kappa s} \cdot \frac{m_2 g}{l \cdot s}}$$

$$W_{3AM}(s) = \frac{m_\kappa R_\kappa R_\kappa l \cdot s^2}{m_2 \left[m_\kappa R_\kappa R_\kappa l \cdot s^3 + K_g K_{yc} C_M i K_2 l \cdot s^2 + (m_2 + m_\kappa) g R_\kappa R_\kappa \cdot s + K_g K_{yc} C_M i K_0 l \right]}$$

$$W_{3AM}(s) = \frac{\frac{m_\kappa R_\kappa \cdot s^2}{m_2}}{m_\kappa R_\kappa \cdot s^3 + \frac{K_g K_{yc} C_M i K_2}{R_\kappa} \cdot s^2 + \frac{(m_2 + m_\kappa) g R_\kappa}{l} \cdot s + \frac{K_g K_{yc} C_M i K_0}{R_\kappa}}$$
(1.9)

Based on (1.14), the denominator of this transfer function is the characteristic polynomial of the studied ACS:

$$W_{xap.nol.}(s) = m_\kappa R_\kappa \cdot s^3 + \frac{K_g K_{yc} C_M i K_2}{R_\kappa} \cdot s^2 + \frac{(m_2 + m_\kappa) g R_\kappa}{l} \cdot s + \frac{K_g K_{yc} C_M i K_0}{R_\kappa}$$
(1.10)

In general:

$$\alpha_3 = m_\kappa R_\kappa$$

$$\alpha_2 = \frac{K_g K_{yc} C_M i K_2}{R_\kappa}$$

$$\alpha_1 = \frac{(m_2 + m_\kappa) g R_\kappa}{l}$$

$$\alpha_0 = \frac{K_g K_{yc} C_M i K_0}{R_\kappa}$$

The values of the constant parameters of the given ACS are given in Table 1.

Table 1

K_2	K_0	K_{yc}	R_κ	C_M	i	R_κ	m_2	g	K_g
2	14	25	30	0.1	25	0.05	180	9.8	1

When the value of the constant parameters is known, it is necessary to obtain the range of changes in the design parameters of the carriage mass m_k and the cable length l in accordance with the desired degree of stability and the desired sector. Then the interval characteristic polynomial (ICP) of the microgravity system (1.10) can be written in the form:

$$W_{xap.nol.}(s) = 30[m_k] \cdot s^3 + 2500 \cdot s^2 + \frac{294[m_k] + 52920}{[l]} \cdot s + 17500 \quad (1.11)$$

where $\alpha_3 = 30[m_k]$, $\alpha_2 = 2500$, $\alpha_1 = \frac{294[m_k] + 52920}{[l]}$, $\alpha_0 = 17500$.

References

1. Bazhenov V.I. Modeling of the main characteristics and processes of the functioning of space vehicles / M.I. Osin, Yu.V. Zakharov – M.: Mechanical Engineering, 1985. – 240 p.
2. Pyatibratov G.Ya., State, problems and ways of improving systems for simulating weightlessness for ground testing of space technology products / V.P. Papirnyak, V.G. Polezhaevi et al. // Izv. universities of the North Caucasus. region. Technical sciences, – 1995. – № 3-4. – P. 39-49.
3. Manned space flights: Abstracts. report 1.I Int. scientific-practical conf. (November 11-12, 1997, Star City, Moscow Region, RF). – M.: Rgnitspk, 1997. – 379 p.
4. Woods D. Space Station Robotics Task Validation and Training / M. Kearney, D. Grosse // Teleoperation and Robotics in Space. Progress in astronautics and aeronautics. – 1994. – P. 475-478.

5. Development of tracking systems of a test bench for testing complex mechanical systems of navigation equipment: Report on R&D / TPI-Ruk. Melnikov Yu.S. – Tomsk. – 1985. – 64 p.

6. Kharitonov V.L. The problem of distribution of the roots of the characteristic polynomial of an autonomous system / V.L. Kharitonov // Automation and telemechanics. – 1981. – № 5. – P. 53-57.

7. Necessary and sufficient conditions for the stability of a linear family of polynomials. A.P. Zhabko, V.L. Kharitonov // Automation and Remote Control. – 1994. – Vol. 55, № 10. – P. 1496-1503.

8. Gaivoronsky S.A. Determination of the edge route for the analysis of robust sector stability of an interval polynomial // Izvestiya RAN. Theory and control systems. – 2005. – № 5. – P. 11-15.

9. Uncle V.F. Automatic control theory: textbook / V.F. Dyadik, S.A. Baidali, N.S. Krinitsyn. – Tomsk: Publishing house of the Tomsk Polytechnic University, 2011. – 196 p.

10. Pervozvansky A.A. Automatic control theory course. – Moscow: Nauka, 1986. – 613 p.