

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 нестабильных параметров системы микрогравитации, гарантирующих допустимую степень устойчивости.

УДК 517.587:517.97

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ92	Ван Цин		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	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:

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

Планируемые результаты освоения 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:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ92	Ван Цин

Тема работы:

Определение области нестабильных параметров системы микрогравитации, гарантирующих допустимую степень устойчивости	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 50-14/с от 19.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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> $r = 0.1$; $C_{уд} = 2 \cdot 10^3 \text{ н}$; $\chi_{уд} = 10^3 \text{ нс}$; $K_1 = 5$; $K_2 = 1$; $T = 0.1с$</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 структурной схемы системы микрогравитации. 2. Получение передаточной функции замкнутой системы микрогравитации. 3. Теория о построение параметрической области устойчивости системы методом D-разбиения . Синтез стационарной системы микрогравитации. 4. Анализ качества системы микрогравитации в выбранной области неустойчивых параметров 5. Построение области неустойчивых параметров системы микрогравитации с допустимой степенью устойчивости 6. Моделирование СМ при различных внешних воздействиях 7. 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. Структурная схема системы компенсации веса. 2. Построение границы области D-разбиения 3. Область изменения неустойчивых параметров
<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>Трубченко Татьяна Григорьевна, Доцент отделения социально-гуманитарных наук, кандидат экономических наук</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин Андрей Александрович, доцент отделения общетехнических дисциплин, кандидат технических наук</p>
<p>Раздел на иностранном языке</p>	<p>Сидоренко Татьяна Валерьевна, доцент отделения иностранных языков, кандидат педагогических наук</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>8TM92</p>	<p>Ван Цин</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)
20.02.21	<i>Получение математическая модель система компенсации веса</i>	15
15.03.21	<i>Теоретические основы исследований система компенсации веса: метод D-разбиения, метод доминирующих полюсов.</i>	15
01.04.21	<i>Построение области неустойчивых параметров системы микрогравитации с допустимой степенью устойчивости</i>	10
15.04.21	<i>Анализ качества системы микрогравитации в выбранной области неустойчивых параметров</i>	10
01.05.21	<i>Моделирование СМ при различных внешних воздействиях</i>	10
04.05.21	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
12.05.21	<i>Социальная ответственность</i>	10
16.05.21	<i>Выводы по результатам работы</i>	10
30.05.21	<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
Доцент ОАР ИШИТР	Гайворонский С.А.	к.т.н., доцент		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ92	Ван Цин

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение.
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	Проведение предпроектного анализ: оценка потенциальных потребителей, SWOT анализ, определение возможных альтернатив проведения НИ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИ, разработка графика проведения НИ, планирование бюджета НИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности для всех видов исполнения НИ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности НИ 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет НИ 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ92	Ван Цин		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ92	Ван Цин

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

Тема ВКР:

<p>Определение области нестабильных параметров системы микрогравитации, гарантирующих допустимую степень устойчивости.</p>	
<p>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</p>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объект исследования – системы компенсации веса. В процессе компьютерное программное обеспечение Matlab использовался.</i></p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <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"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) – ГОСТ 12.0.002-2014 ССБТ. Термины и определения; – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования; – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата; – превышение уровня шума; – отсутствие или недостаток естественного света; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; – движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; – термическая опасность.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – выявление загрязнения атмосферы парами сварочного аэрозоля; – утилизация неисправных деталей; – выявление попадания в гидросферу взвешенных веществ и нефтепродуктов при обмывке пятников перед восстановлением.
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – возникновение пожара.

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
8ТМ92	Ван Цин		

Реферат

Выпускная квалифицированная работа содержит 84 страниц текста, 19 рисунков, 21 таблиц.

Ключевые слова: механическая система, система микрогравитации, система компенсации веса, метод D-разбиения, D-области, допустимая степень устойчивости.

Объектом исследования является системы компенсации веса.

Цель работы – определение области нестабильных параметров системы микрогравитации, гарантирующих допустимую степень устойчивости. В процессе выполнения работы использовались теория автоматического управления и метод D-разбиения.

Область применения: разработка систем автоматического управления с неопределенными в некоторых пределах параметрами.

При выполнении ВКР разработана структурная схема системы микрогравитации, получена ее передаточная функция и характеристический полином. На основании найденных значений интервалов коэффициентов характеристического полинома и их зависимостей от нестабильных параметров составляется система неравенств, решение которой дает границы искомой области. Из него были определены области нестабильных параметров и системы микрогравитации и построен области нестабильных параметров системы микрогравитации с допустимой степенью устойчивости. Для проверки полученных результатов проведено моделирование САУ в Simulink Matlab и установлено, что система при изменении и сохраняет устойчивость с заданным качеством.

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

Оглавление

Введение.....	13
1 Построение математической модели системы компенсации веса	17
1.1 Структурная схема системы компенсации веса	18
1.2 Передаточная функция замкнутой системы компенсации веса	19
2 Построение параметрической области устойчивости системы методом D-разбиения.....	20
3 Построение области нестабильных параметров системы микрогравитации с допустимой степенью устойчивости.....	21
4 Анализ качества системы микрогравитации в выбранной области нестабильных параметров	24
5 Моделирование СМ при различных внешних воздействиях.....	28
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	33
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	33
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	33
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений	34
6.1.3 Технология QuaD	36
6.1.4 SWOT-анализ.....	39
6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	43
6.3 Планирование научно-исследовательских работ	44
6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	44
6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	46
6.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	50
6.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	51
6.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой,	

бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	57
6.5 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	59
7 Социальная ответственность	61
7.1 Введение.....	61
7.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	61
7.3 Производственная безопасность.....	63
7.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследования	64
7.3.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	68
7.4 Экологическая безопасность.....	69
7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	70
7.6 Выводы по разделу.....	71
Заключение.....	72
Список используемой литературы.....	73
Приложение А.....	77

Введение

Одной из основных тенденций развития современной космической техники является оснащение космических аппаратов механическими системами (МС), разворачиваемыми из транспортировочного положения в рабочее в условиях невесомости. К таким МС относятся, например, системы энергообеспечения, приемно-передающие комплексы связи и другие выносные конструкции космических аппаратов. Увеличение размеров и сложности МС неуклонно ведет к повышению требований надежности их перевода из сложенного состояния в развернутое, обеспечению при этом заданных параметров движения звеньев (скоростей, ускорений). Поэтому особую значимость в настоящее время приобретает задача испытания создаваемых МС. При этом в связи с высокой стоимостью летных испытаний целесообразны менее дорогостоящие наземные испытания МС в условиях имитации невесомости. Для их проведения созданы специальные системы микрогравитации (СМ).

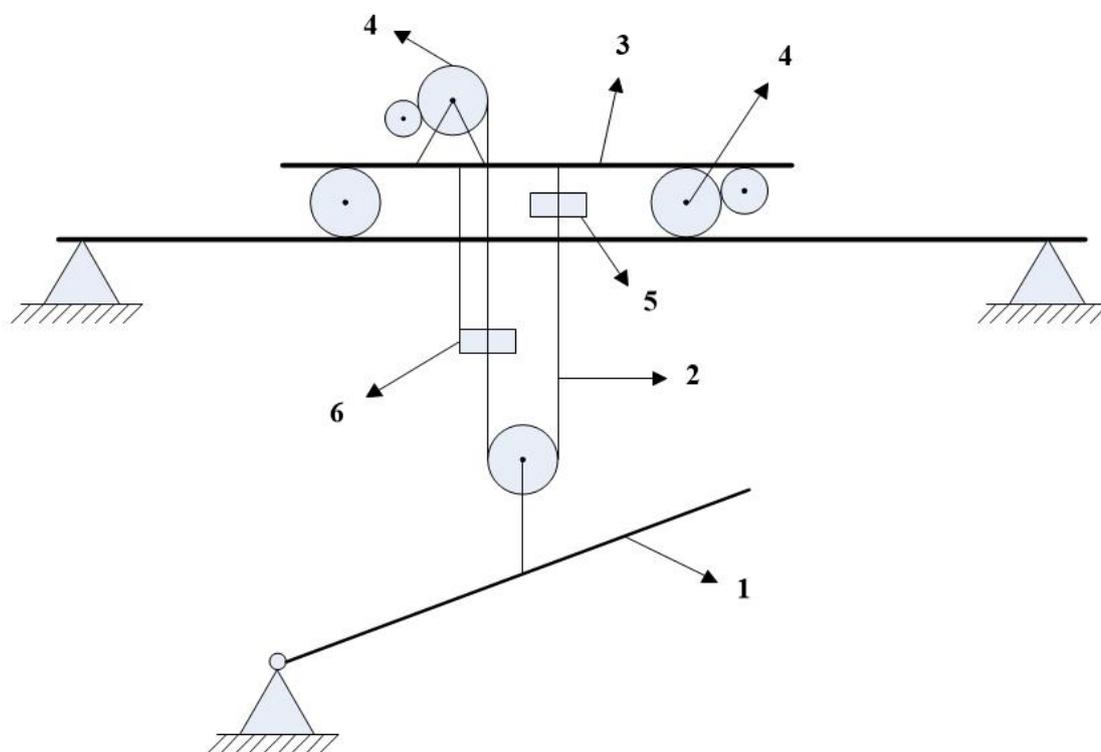


Рисунок 1 – Схема автоматизированного стенда микрогравитации

Схема автоматизированного стенда микрогравитации имеет 2 канала управления:

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

СМ состоит из двух частей: исполнительной и командной. Исполнительная часть СМ показана на рисунке.1. Она включает:

- объект испытания (МС) 1;
- трособлочную систему 2, с помощью которой за центры тяжести вывешиваются звенья МС;
- каретку 3, перемещающуюся по горизонтальным направляющим 5;
- электродвигатели с редукторами 4;
- датчик отклонения натяжения троса 5;
- датчик отклонения троса от вертикали 6.

СМ позволяет испытывать МС, звенья которых в процессе разворачивания совершают движения в вертикальном и горизонтальном направлениях. Для имитации невесомости необходимо, чтобы вектор силы натяжения троса в точке подвеса звена МС был равен по величине и противоположен по направлению вектору силы веса звена. Выполнение данного условия основано на решении двух задач:

1) поддержание постоянным натяжения в тросе, на котором вывешено звено МС;

2) поддержание вертикального положения этого троса.

Для решения указанных задач СМ имеет две подсистемы:

1) систему автоматической компенсации веса звена, решающую первую задачу;

2) систему управления кареткой, решающую вторую задачу по имитации невесомости.

Основная проблема при создании СМ заключается в обеспечении высокой точности имитации невесомости в процессе разворачивания МС. Добиться этого можно путем создания высококачественных и высокоточных специализированных автоматических систем.

При создании СМ необходимо учитывать предъявляемые к автоматическим системам требования, в частности:

- допустимое отклонение силы натяжения троса в переходных и установившихся режимах системы компенсации веса;
- допустимый угол отклонения троса от вертикального положения в переходных и установившихся режимах системы управления кареткой;
- диапазоны отслеживаемых системами скоростей и ускорений в вертикальном и горизонтальном направлениях;
- время окончания переходных процессов в системах.

Известно, что создание высококачественных и высокоточных систем возможно лишь тогда, когда при их разработке максимально учитываются особенностью объектов регулирования. Характерной особенностью объектов регулирования СМ является неопределенность некоторых параметров вследствие их неточного знания и изменения при разворачивании МС.

Указанная выше особенность объектов регулирования в наибольшей степени проявляется в объектах регулирования подсистем компенсации веса звеньев МС. В состав обобщенного объекта регулирования (ООР) вертикального канала СМ (рис.2) входят звено МС, датчик отклонения натяжения троса, трос, электропривод.

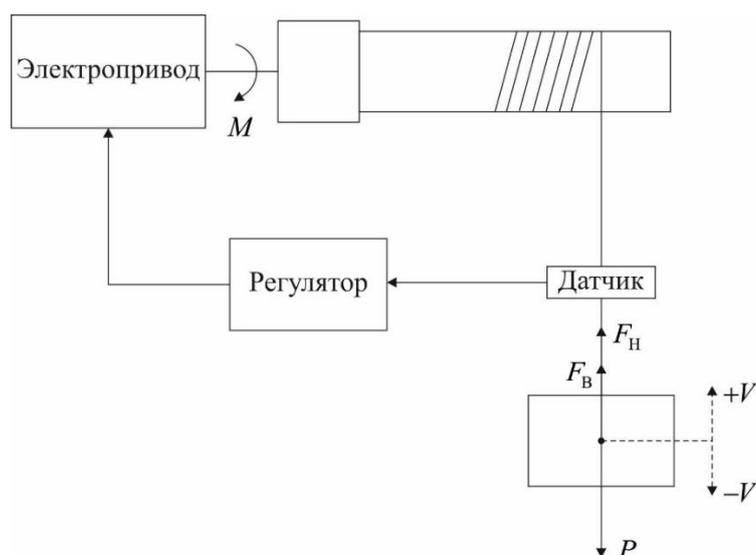


Рисунок 2 – Система компенсации веса

Неопределенными и нестабильными параметрами ООР являются масса

звена МС и длина троса, на котором звено вывешено. Нестабильность указанных параметров является причиной того, что механические резонансы объекта регулирования имеют неизвестные заранее или меняющиеся спектры частот. Данное обстоятельство может привести к существенному изменению динамических свойств системы и даже к потере устойчивости.

1 Построение математической модели системы компенсации веса

В данном разделе разрабатывается математическая модель подсистемы компенсации веса в виде ее структурной схемы. Подсистема компенсации веса СМ представляет собой двухмассовую электромеханическую систему с упругой связью (рисунок 2).

При составлении дифференциальных уравнений, описывающих движение МС под действием приложенных к ней сил, приняты следующие допущения:

- масса датчика натяжения равна нулю;
- жесткость упругого элемента датчика натяжения равна бесконечности.

В результате описания обобщенного объекта управления системы компенсации веса получим систему уравнений в операторной форме при нулевых начальных условиях:

$$m \frac{d\Delta V_m}{dt} = \Delta F_B - \Delta F_H; \quad (1.1)$$

$$\Delta F_H = \left(\frac{C + \chi p}{p} \right) (\Delta V_m - \Delta V_{\text{дв}}); \quad (1.2)$$

$$J \frac{d\Delta V_{\text{дв}}}{dt} \cdot \frac{1}{r} = (\Delta F_{np} + \Delta F_H) \cdot r; \quad (1.3)$$

где m – масса МС;

$r = 0.1m$ – радиус блока;

C – коэффициент жесткости троса;

χ – коэффициент потери упругости;

ΔV_m – скорость МС;

$\Delta V_{\text{дв}}$ – скорость электропривода;

ΔF_B – возмущающая сила;

ΔF_H – натяжение троса;

J – приведенный момент инерции движущихся масс двигателя;

Для получения структурной схемы СМ на основании приведенных выше уравнений запишем выражения для координат системы.

$$\Delta V_m = \frac{\Delta F_B - \Delta F_H}{m \cdot s}; \quad (1.4)$$

$$\Delta F_H = \left(\frac{C + \chi s}{s} \right) (\Delta V_m - \Delta V_{\text{об}}); \quad (1.5)$$

$$\Delta V_{\text{об}} = \frac{(\Delta F_{np} + \Delta F_H) \cdot r^2}{J \cdot s}; \quad (1.6)$$

Пусть регулятор имеет передаточную функцию $W_p(s)$:

$$W_p(s) = k_1 \cdot \frac{k_2 \cdot (Ts + 1)}{s}; \quad (1.7)$$

где $k_1 = 5, k_2 = 1$ – соответственно коэффициент усиления электрической части привода и коэффициент передачи ПИ-регулятора; $T = 0.1c$ – постоянная времени ПИ-регулятора. Тогда для электропривода справедливо выражение.

$$\Delta F_{np} = W_p(s) \cdot F_H = k_1 \cdot \frac{k_2 \cdot (Ts + 1)}{s} \cdot F_H; \quad (1.8)$$

1.1 Структурная схема системы компенсации веса

В результате структурная схема системы компенсации веса, включающая регулятор, электрическую и механическую части, примет вид, показанный на рисунке 3.

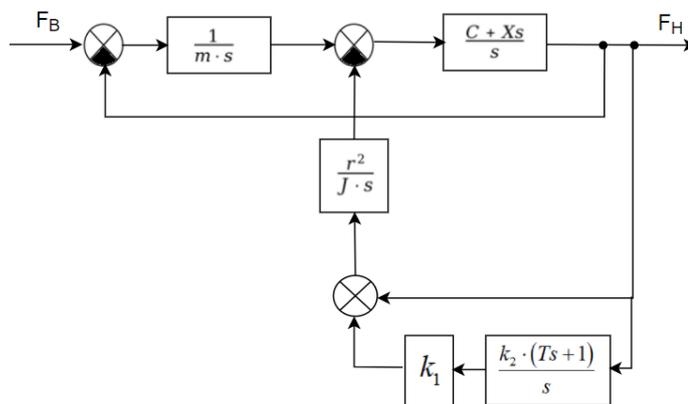


Рисунок 3 – Структурная схема системы компенсации веса

1.2 Передаточная функция замкнутой системы компенсации веса

На основании этой схемы получена передаточная функция системы, входом которой является внешнее возмущение, а выходом – приращение натяжения троса.

$$W(s) = \frac{\frac{1}{ms} \cdot \frac{C + \chi s}{s}}{1 + \frac{C + \chi s}{s} \cdot \left[1 + \frac{k_1 \cdot k_2 (Ts + 1)}{s} \right] \cdot \frac{r^2}{Js}} ; \quad (1.9)$$

Знаменатель передаточной функции замкнутой системы является ее характеристическим полиномом:

$$mJs^3 + (m\chi r^2 + m\chi r^2 k_1 k_2 T + \chi J)s^2 + (mCr^2 + mCr^2 k_1 k_2 T + m\chi r^2 k_1 k_2 + CJ)s + mCr^2 k_1 k_2 \quad (1.10)$$

Коэффициент жесткости троса C определяется по формуле:

$$C = \frac{C_{уд}}{l} ; \quad (1.11)$$

где $C_{уд} = 2 \cdot 10^3 \text{ н}$ – коэффициент удельной жесткости троса;

l – длина упругого элемента;

Коэффициент потери упругости зависит от длины троса следующим образом:

$$\chi = \frac{\chi_{уд}}{l} ; \quad (1.12)$$

где $\chi_{уд} = 10^3 \text{ нс}$ – удельный коэффициент потери упругости троса (коэффициент демпфирования).

Нестабильными параметрами системы являются длина троса и масса $MС$. Поэтому приведем характеристический полином системы к виду (1.13).

$$l \cdot A_1(s) + \frac{1}{m} \cdot A_2(s) + A_3(s) = 0, \quad (1.13)$$

где $A_1(s) = Js^3$;

$A_2(s) = J(C_{\text{вд}} + \chi_{\text{вд}}s)s$;

$A_3(s) = C_{\text{вд}}k_1k_2r^2 + \chi_{\text{вд}}Tk_1k_2r^2s^2 + \chi_{\text{вд}}r^2s^2 + C_{\text{вд}}k_1k_2Tr^2s + \chi_{\text{вд}}k_1k_2r^2s + C_{\text{вд}}r^2s$.

2 Построение параметрической области устойчивости системы методом D-разбиения

В ряде случаев требуется исследовать влияние на устойчивость системы автоматического регулирования двух параметров, принимая все остальные параметры постоянными. В этих случаях для решения поставленной задачи возможно применение метода D-разбиения по двум параметрам. Предположим, что этими двумя параметрами являются параметры α и β , которые входят в характеристические уравнения исследуемой системы линейно:

$$\alpha R(s) + \beta Q(s) + P(s) = 0 \quad (2.1)$$

Чтобы построить D-кривую, разбивающую плоскость D на области равного количества левых корней (чтобы система была устойчивой), в (2.1) необходимо сделать подстановку $s = j\omega$ и отделить вещественную часть от мнимой. Тогда (2.1) можно представить в виде двух уравнений:

$$\alpha R_1(\omega) + \beta Q_1(\omega) + P_1(\omega) = 0, \quad (2.2)$$

$$\alpha R_2(\omega) + \beta Q_2(\omega) + P_2(\omega) = 0, \quad (2.3)$$

где $R_1(\omega), Q_1(\omega)$ и $P_1(\omega)$ - вещественные, а $R_2(\omega), Q_2(\omega)$ и $P_2(\omega)$ - мнимые части полиномов $R(j\omega), Q(j\omega), P(j\omega)$.

На основании (2.2) и (2.3) определяются значения α и β :

$$\alpha(\omega) = \frac{\Delta_\alpha}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} -P_1(\omega) & Q_1(\omega) \\ -P_2(\omega) & Q_2(\omega) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_1(\omega) & Q_1(\omega) \\ R_2(\omega) & Q_2(\omega) \end{vmatrix}}, \quad (2.4)$$

$$\beta(\omega) = \frac{\Delta_\beta}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} R_1(\omega) & -P_1(\omega) \\ R_2(\omega) & -P_2(\omega) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_1(\omega) & Q_1(\omega) \\ R_2(\omega) & Q_2(\omega) \end{vmatrix}}. \quad (2.5)$$

Задаваясь рядом значений ω (от $-\infty$ до $+\infty$), по уравнениям (2.4) и (2.5) рассчитывают α и β , по которым на плоскости D строится D-кривая, разбивающая плоскость D на D-области.

Так как $R_1(\omega), Q_1(\omega)$ и $P_1(\omega)$ - четные функции, а $R_2(\omega), Q_2(\omega)$ и $P_2(\omega)$ - нечетные функции ω , то числители и знаменатели (18) и (19) являются нечетными функциями ω ; следовательно, $\alpha(\omega)$ и $\beta(\omega)$ - четные функции ω . Таким образом, D-кривая при изменении ω от $-\infty$ до $+\infty$ вычерчивается дважды в противоположных направлениях: первый раз при изменении ω от $-\infty$ до 0, второй раз при изменении ω от 0 до $+\infty$. Поэтому кривую в плоскости двух параметров можно строить, изменяя ω не от $-\infty$ до $+\infty$, а либо от 0 до $+\infty$, либо от $-\infty$ до 0.

Необходимо отметить, что при некоторых значениях ω знаменатель (2.4) и (2.5) обращается в нуль. Так, при $\omega = 0$ всегда $\Delta = 0$.

3 Построение области нестабильных параметров системы микрогравитации с допустимой степенью устойчивости

При определении параметров системы необходимо следить за тем, чтобы любое возможное значение интервала иметь требуемое функциональное качество, которое достигается за счет обеспечения положения корня.

Переходный процесс с заданным показателем качества может быть получен только путем размещения области корневого положения характеристического полинома замкнутой системы на комплексной плоскости. Характеристики переходного процесса включают: степень устойчивости η и колебательности μ .

Степень устойчивости η определяет, что минимальное расстояние между

корнем и мнимой осью равно η , и все корни находятся слева от вертикальной линии на расстоянии η от мнимой оси.

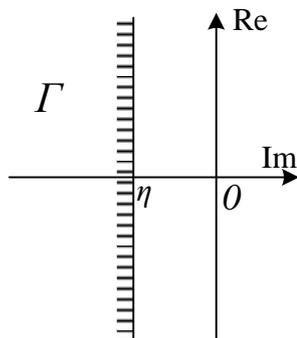


Рисунок 4 – Область желаемого расположения корней с заданной минимальной степенью устойчивости

Применим метод D-разбиения для решения нашей задачи.

Подставим числовые значения постоянных параметров СМ в характеристический полином:

$$0.5 \cdot s^3 \cdot l + \frac{1}{m} [10^3 \cdot s + 500 \cdot s^2] + 10.5 \cdot s^2 + 71 \cdot s + 100 = 0; \quad (3.1)$$

Обозначим $\alpha(\omega) = l; \beta(\omega) = \frac{1}{m};$ (3.2)

$$R(s) = 0.5 \cdot s^3; \quad (3.3)$$

$$Q(s) = 1000 \cdot s + 500 \cdot s^2; \quad (3.4)$$

$$P(s) = 10.5 \cdot s^2 + 71 \cdot s + 100; \quad (3.5)$$

Зададим границу расположения корней

$$s = -0.2 + j\omega; \quad (3.6)$$

Тогда получим

$$R(-0.2 + j\omega) = 0.3 \cdot \omega^2 - 0.004 + 0.06 \cdot j\omega - 0.5 \cdot j\omega^3; \quad (3.7)$$

$$Q(-0.2 + j\omega) = -500 \cdot \omega^2 + 800 \cdot j\omega - 180; \quad (3.8)$$

$$P(-0.2 + j\omega) = -10.5 \cdot \omega^2 + 66.8 \cdot j\omega + 86.22; \quad (3.9)$$

$$R_1 = 0.3 \cdot \omega^2 - 0.004; R_2 = 0.06 \cdot \omega - 0.5 \cdot \omega^3;$$

$$Q_1 = -500 \cdot \omega^2 - 180; Q_2 = 800 \cdot \omega; \quad (3.10)$$

$$P_1 = 86.22 - 10.5 \cdot \omega^2; P_2 = 66.8 \cdot \omega;$$

Запишем выражения для построения кривой D-разбиения

$$\alpha(\omega) = -\frac{25000 \cdot \omega^3 + 81000 \cdot \omega}{180 \cdot \omega^3 - 250 \cdot \omega^5 + 7.6 \cdot \omega};$$

$$\beta(\omega) = -\frac{5.25 \cdot \omega^5 + 63.78 \cdot \omega^3 + 5.4404 \cdot \omega}{180 \cdot \omega^3 - 250 \cdot \omega^5 + 7.6 \cdot \omega};$$
(3.11)

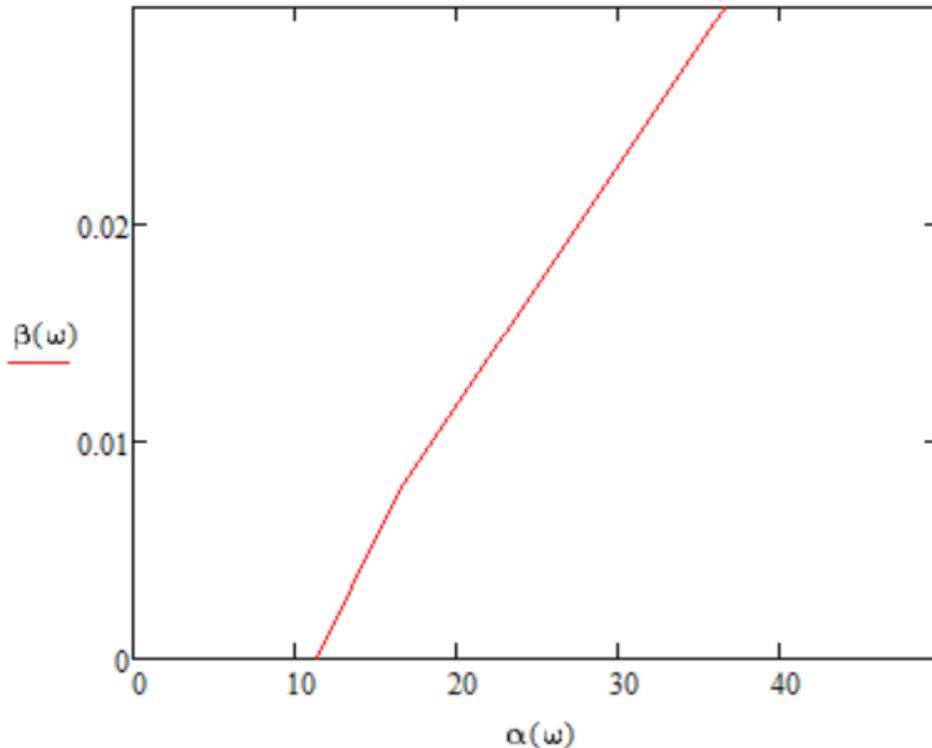


Рисунок 5 – D-разбиение при $s = -0.2 + j\omega$

Выберем на рисунке 5 область устойчивости. Для этого проверим несколько точек. Сначала выберем точку на линии, соответствующую $l = 16.432; m = 130$;

Тогда получим корни характеристического полинома:

$$s_1 = -1.346; s_2 = -0.2 - 3j; s_3 = -0.2 + 3j;$$

Они свидетельствуют об устойчивости системы со степенью устойчивости равной допустимой.

Выберем точку ниже линии ($l = 16.432; m = 500$). Система с такими параметрами имеет корни:

$$s_1 = -1.375; s_2 = -0.012 - 2.975 \cdot j; s_3 = -0.012 + 2.975 \cdot j;$$

Ее степень устойчивости меньше допустимой.

Если задать точку выше линии ($l = 16.432; m = 100;$), тогда $s_1 = -1.334; s_2 = -0.276 - 3.008 \cdot j; s_3 = -0.276 + 3.008 \cdot j;$

В этом случае система имеет степень устойчивости больше допустимой

4 Анализ качества системы микрогравитации в выбранной области нестабильных параметров

Выберем в области устойчивости область Р нестабильных параметров l и m в виде прямоугольника с вершинами $V_i(l, m)$.

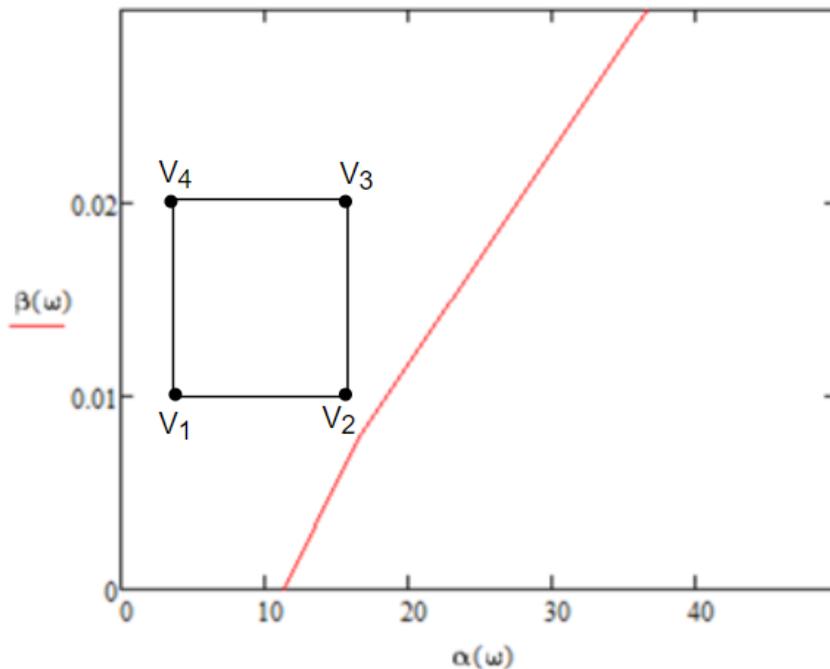


Рисунок 6 – Область изменения нестабильных параметров

Координаты этих 4 вершин следующие $V_1(3,100)$, $V_2(15,100)$, $V_3(15,50)$, $V_4(3,50)$.

Поставим задачу нахождения минимальной степени устойчивости СМ при изменении нестабильных параметров внутри выбранной области Р.

Самым простым но трудоемким способом является сканирование области Р и определение корней характеристического уравнения при всех возможных сочетаниях параметров l и m .

Однако есть возможность уменьшить количество вычислений. Рассматриваемые интервальные параметры l и m аффинно входят в коэффициенты характеристического полинома.

$$mJs^3 + (m\chi r^2 + m\chi r^2 k_1 k_2 T + \chi J)s^2 + (mCr^2 + mCr^2 k_1 k_2 T + m\chi r^2 k_1 k_2 + CJ)s + mCr^2 k_1 k_2 = 0;$$

$$C = \frac{C_{уд}}{l}; \quad (10)$$

$$\chi = \frac{\chi_{уд}}{l}; \quad (11)$$

В этом случае установлено, что минимальная степень устойчивости системы будет в одной из вершин многогранника интервальных параметров системы. Найдем корни характеристического полинома в вершинах Р.

В вершине $V_1(3,100)$ $s_1 = -1.693$; $s_2 = -4.32 - 4.551j$; $s_3 = -4.32 + 4.551j$;

Степень устойчивости равна 1,7. После моделирования с помощью MATLAB Simulink, получили рисунок 7 - переходный процесс в этой вершине системы.

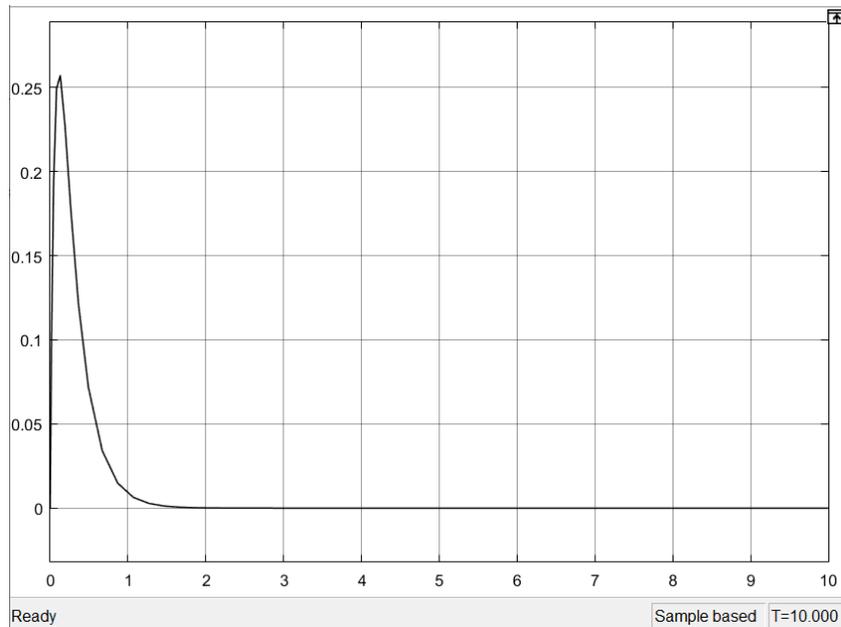


Рисунок 7 – Переходный процесс в точке $V_1(3,100)$

Из рисунка 7 видно, что время переходного процесса примерно равно 1.5с.

Для вершины $V_2(15,100)$ $s_1 = -1.356$; $s_2 = -0.356 - 3.116j$; $s_3 = -0.356 + 3.116j$;

Из вышеприведенного решения степень устойчивости равна 0,36. По вершине $V_2(15,100)$ может быть получен его переходный процесс, как показано на рисунке 8.

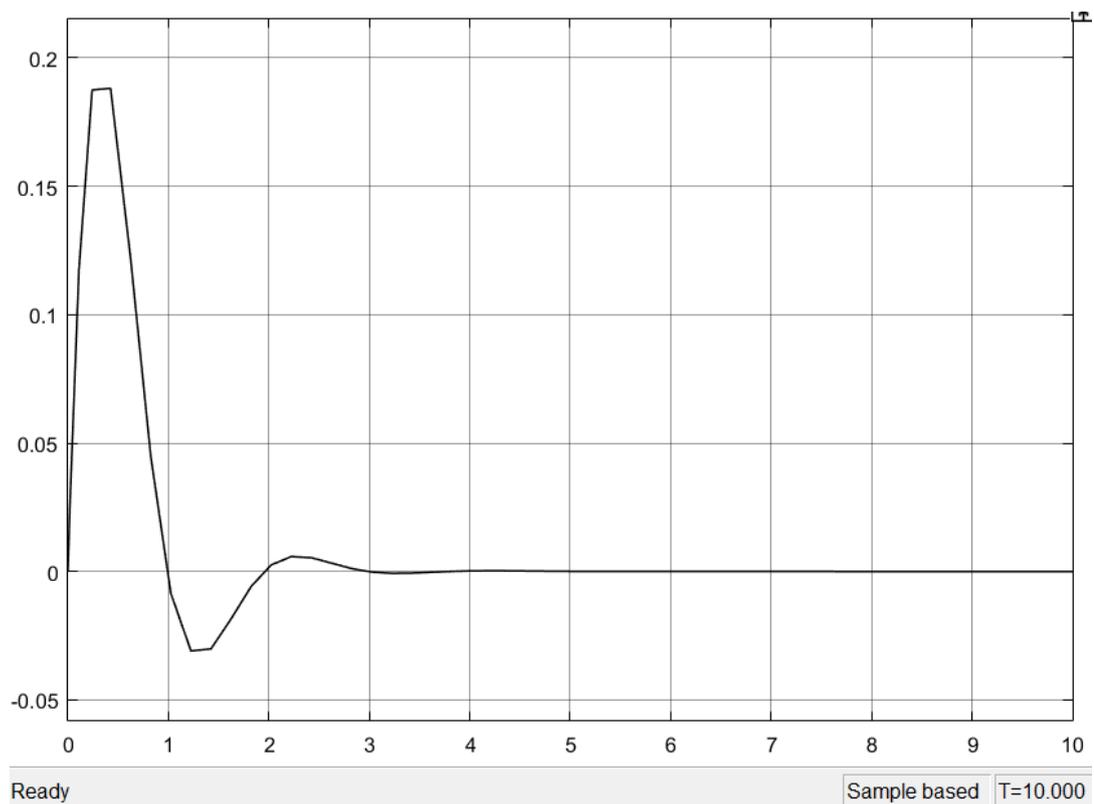


Рисунок 8 – Переходный процесс в точке $V_2(15,100)$

Из полученного рисунка 8 можно рассчитать, что время переходного процесса составляет около 3с.

В вершине $V_3(15,50)$, $s_1 = -1.298$; $s_2 = -0.718 - 3.123j$;
 $s_3 = -0.718 + 3.123j$;

Из решения, полученного для вершины $V_3(15,50)$, степень устойчивости равна 0,72. На рисунке 9 ниже показан переходный процесс СМ в этой вершине. Из изображения видно, что время переходного процесса составляет примерно 2.2с.

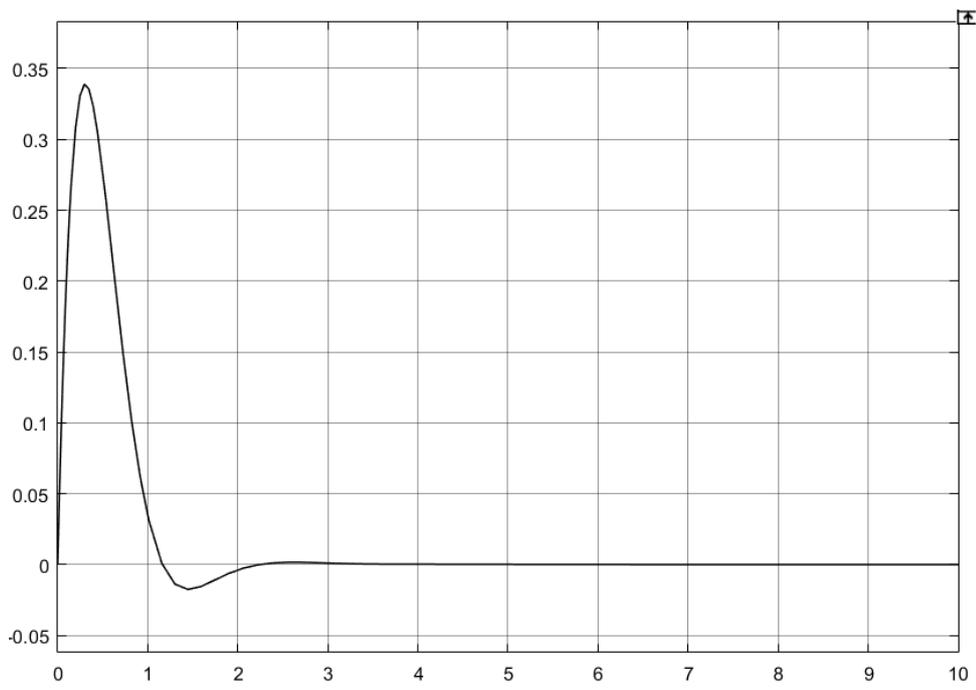


Рисунок 9 – Переходный процесс в точке $V_3(15,50)$

Для последней вершины $V_4(3,50)$, $s_1 = -1.62$; $s_2 = -6.023 - 2.207 \cdot j$; $s_3 = -6.023 + 2.207 \cdot j$; Из решения, полученного для вершины $V_4(3,50)$, степень устойчивости равна 1,62. На рисунке 10 ниже показан переходный процесс СМ в этой вершине. Из изображения видно, что время переходного процесса составляет примерно 2с.

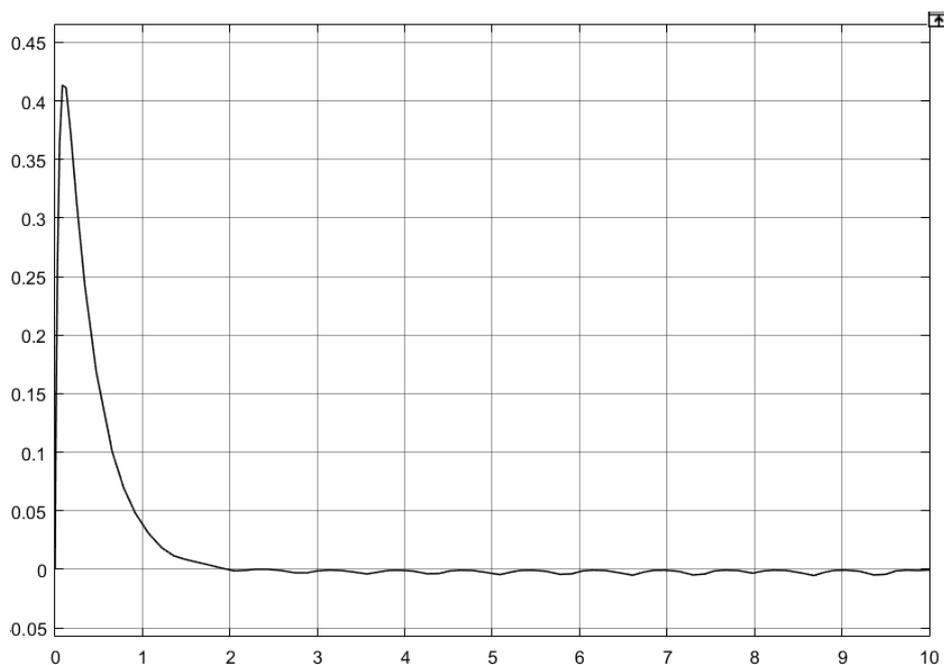


Рисунок 10 – Переходный процесс в точке $V_4(3,50)$

Анализ полученных результатов показывает что в вершине $V_2(15,100)$, степень устойчивости самая маленькая и время переходного процесса СМ самое большое.

5 Моделирование СМ при различных внешних воздействиях

В вершине $V_1(3,100)$, $l=3, m=100$, схема модели для MATLAB показывается в рисунке 11.

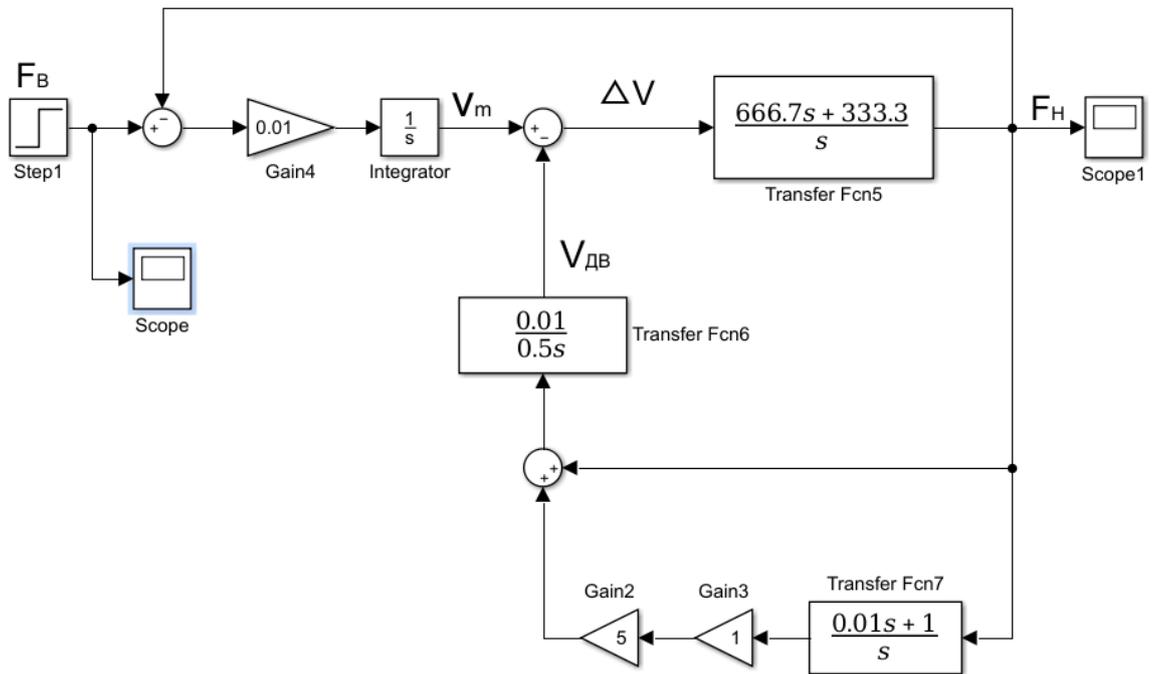


Рисунок 11 – Моделирование СМ в Simulink Matlab

Входной возмущенной силой F_s может быть постоянный сигнал, показывается в рисунке 12:

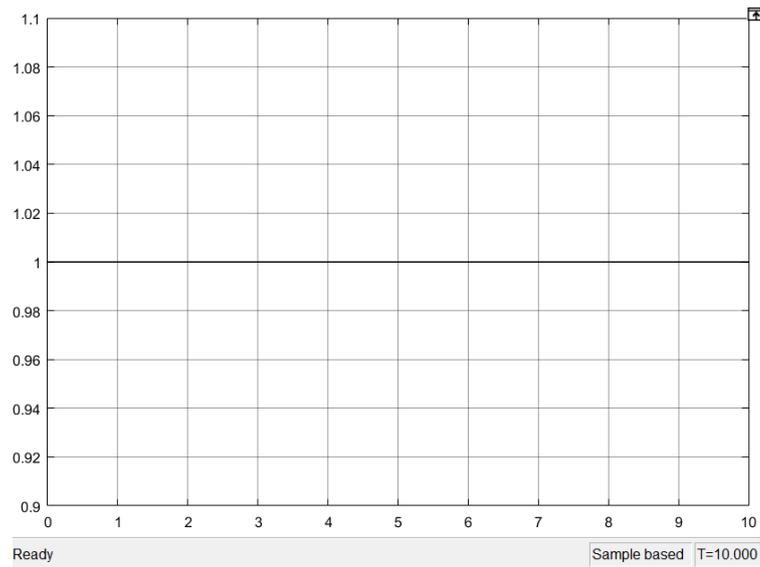


Рисунок 12 – Постоянный входной сигнал F_6

Выходной сигнал F_H изменяется по времени показывается в рисунке 13.

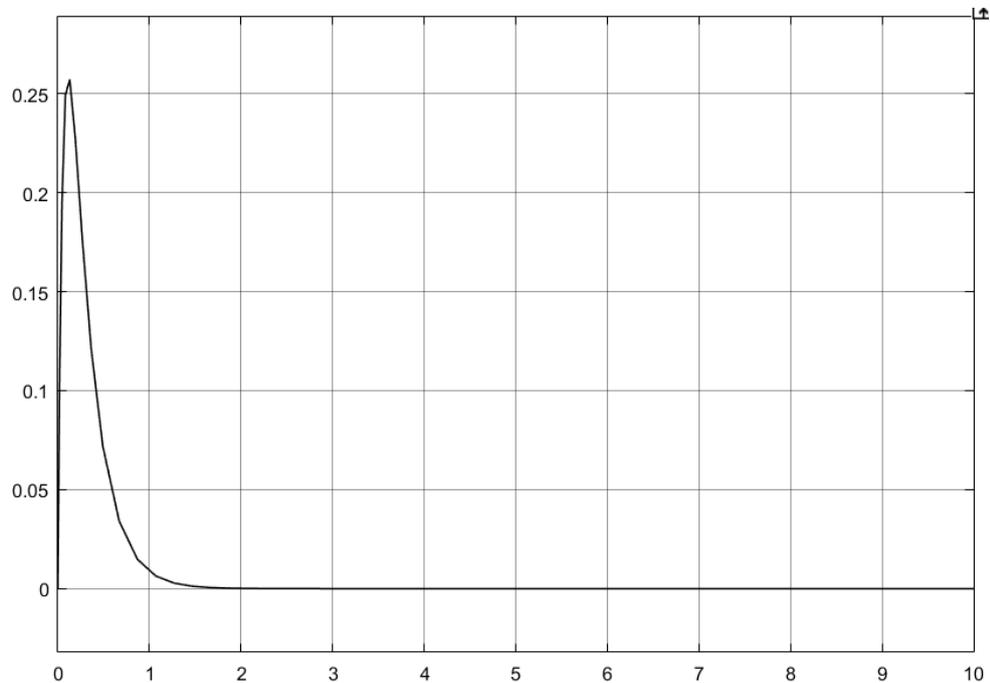


Рисунок 13 – Переходный процесс при постоянном входном сигнале

Из рисунка 13 видно, что СМ в точке $V_1(3,100)$ остается устойчивой с максимальным временем переходного процесса 1.5с при постоянном входном сигнале.

Входной сигнал может быть импульсным. Изменение входного сигнала по времени показывается на рисунке 14:

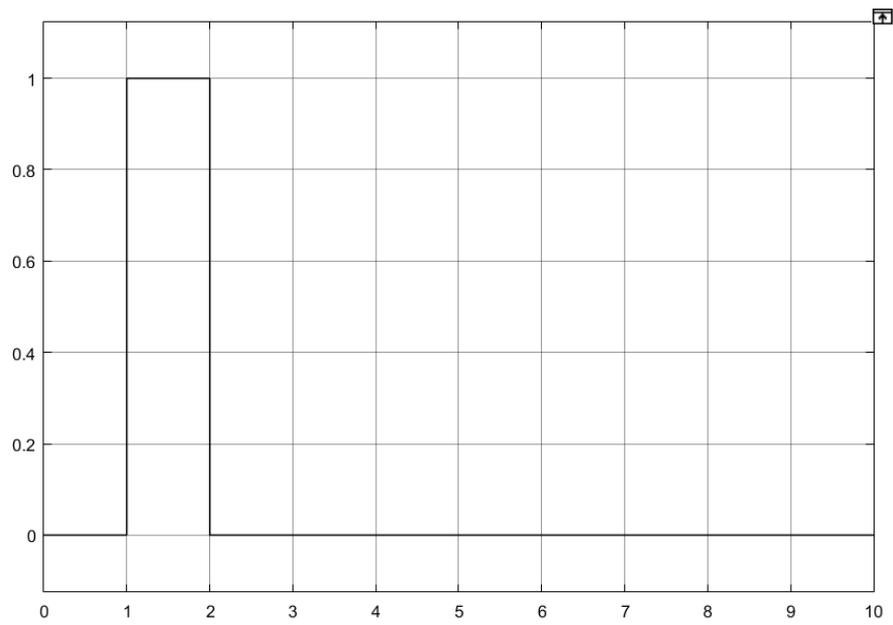


Рисунок 14 – Импульсный входной сигнал

Переходный процессы СМ в указанном точке при импульсном входном сигнале построен на рисунке 15.

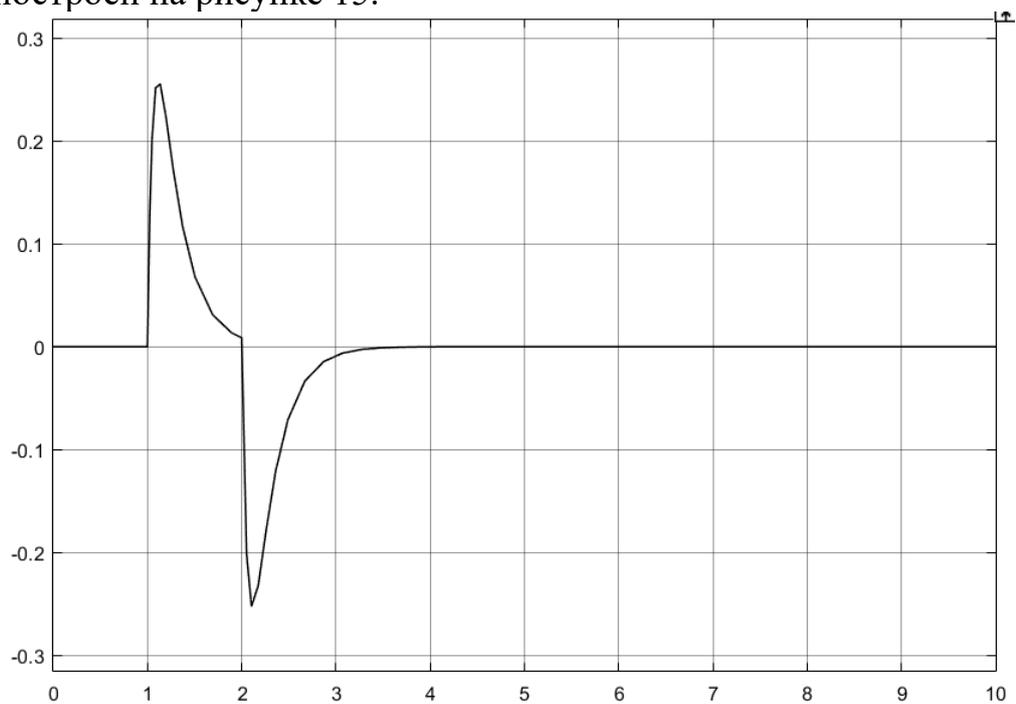


Рисунок 15 – Переходный процесс при импульсном входном сигнале

Из рисунка 15 видно, что СМ остается устойчивой с максимальным временем переходного процесса 3.5с при импульсном входном сигнале.

Входной сигнал может быть постоянным возрастающим значением. Изменение равномерного входного сигнала по времени показывается на рисунке 16.

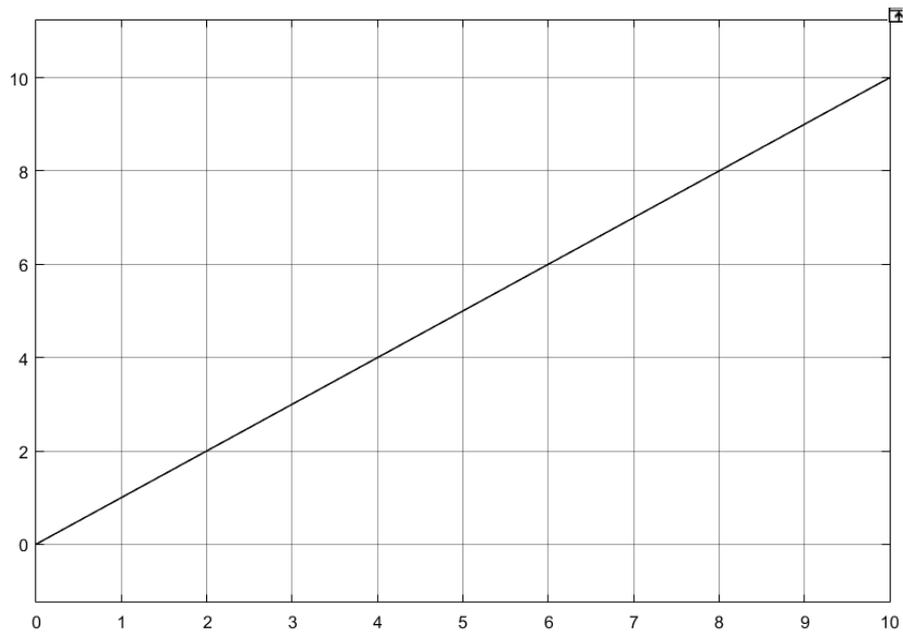


Рисунок 16 – Равномерный входной сигнал

Переходный процесс СМ в указанном точке при равномерном входном сигнале построен на рисунке 17.

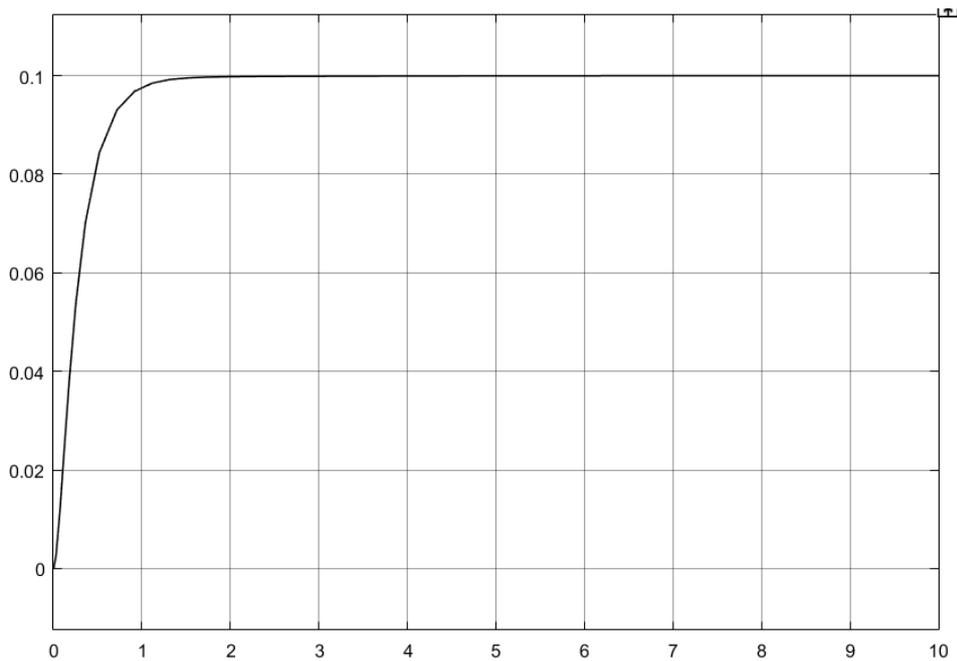


Рисунок 17 – Переходный процесс при равномерном входном сигнале

Из рисунка 17 видно, что СМ остается устойчивой с максимальным временем переходного процесса 1.5с, при равномерном входном сигнале.

Если входной сигнал имеет значение, увеличивающееся при постоянном ускорении. Изменение равноускоренного входного сигнала по времени показывается на рисунке 18.

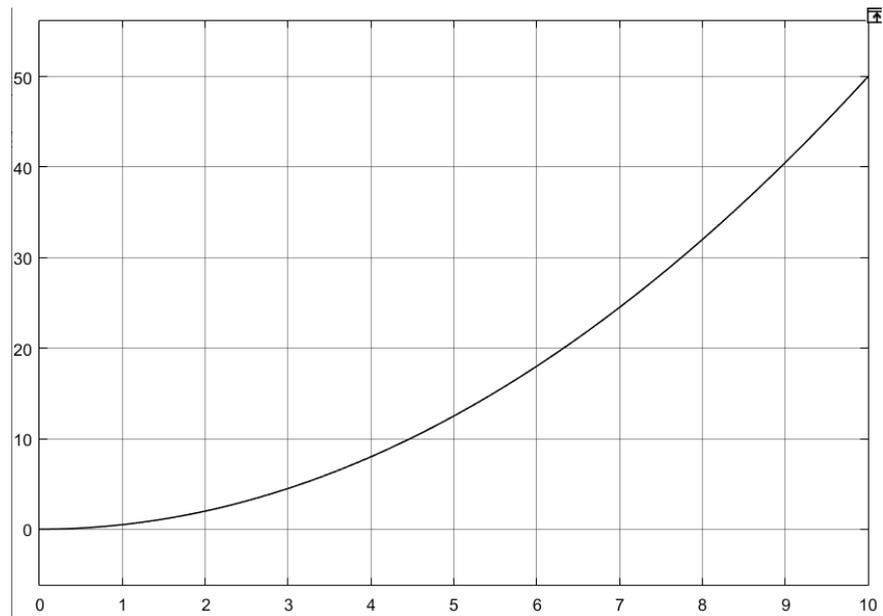


Рисунок 18 – Равноускоренный входной сигнал

Переходный процесс СМ в указанной точке при равноускоренном входном сигнале построен на рисунке 19.

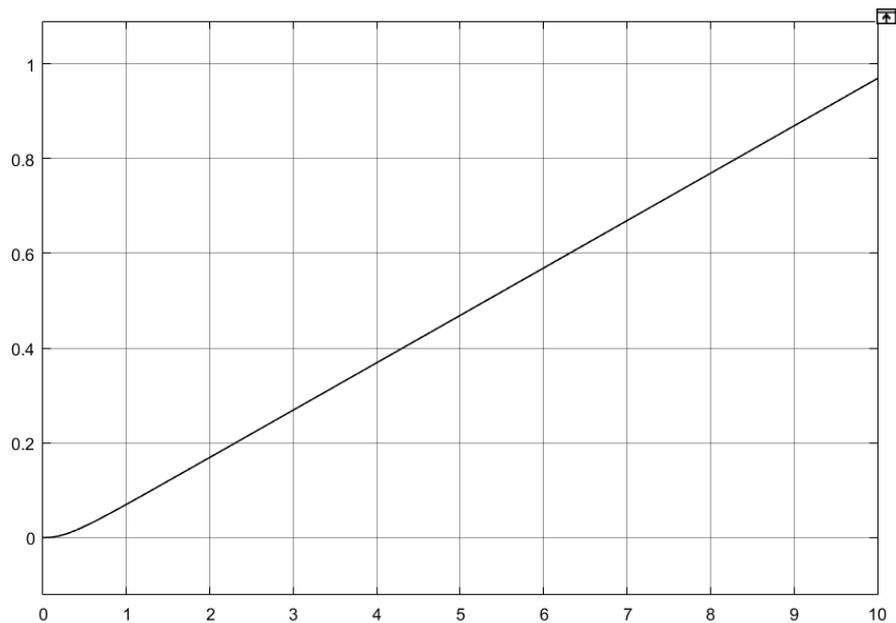


Рисунок 19 – Переходный процесс при равноускоренном входном сигнале

Из рисунка 19 видно, что СМ не устойчивая при равномерном входном сигнале.

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель работы – определение области нестабильных параметров системы микрогравитации, гарантирующих допустимую степень устойчивости. На основании найденных значений интервалов коэффициентов характеристического полинома и их зависимостей от нестабильных параметров составляется система неравенств, решение которой дает границы искомой области.

Технико-экономическое обоснование научно-исследовательских работ проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности.

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

6.1.1 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).

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 6.1 – Карта сегментирования рынка спроса на систему контроля

Форма выпуск систем управления Потребитель	Единичный выпуск	Партия
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.

6.1.2 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 6.2.

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 6.2 – 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:

$$K = \sum (B_i \times B_i), \quad (6.1)$$

где K – конкурентоспособность научно-технической продукции;

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

$B_i = 1,0$;

B_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.

6.1.3 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 6.1.2.

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. 6.3).

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

Таблица 6.3 – 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
3. Надежность	0.09	30	100	0.3	0.027
4. Унифицированность	0.07	20	100	0.2	0.014

Продолжение таблицы 6.3

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 Бф и Кф это ОВЕН ПЛК100; Бк1 и Кк1 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.

6.1.4 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 категории, 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 .

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 6.4).

Таблица 6.4 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высокая надежность	Сл1. Сильно зависит от температуры, влажности окружающей среды
С2. Стабильность в получении результатов измерения	Сл2. Низкая помехозащищённость
С3. Простота эксплуатации.	Сл3. Необходимость при измерении фиксировать фазированную решетку
С4. Малая потребляемая мощность	максимально перпендикулярно к поверхности поддоны
С5. Получение реальных изображений, положения и размеров дефектов.	

Продолжение таблицы 6.4

Возможности	Угрозы
В1. Изменение параметров устройства, сигнала и метода обработки его обработки для конкретного заказчика	У1. Возможное повышение себестоимости прибора, реализующего данный метод обработки сигнала,
В2. Увеличение спроса на систему В3.	вследствие экономической политики
Повышение стоимости проекта В4.	У2. Консерватизм предприятий,
Низкая конкуренция на рынке среди подобных устройств (устройство, реализующее данный метод измерения будет высоко конкурентоспособным)	нежелание внедрения новых технологий на производство взамен старым
	У3. Несвоевременное финансирование проекта

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 6.5.

Таблица 6.5 – Интерактивная матрица проекта

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

Продолжение таблицы 6.5

Угрозы проекта	У1	+	+	-	+	+
	У2	0	0	0	0	+
	У3	0	0	0	0	0
		Слабые стороны				
		Сл1	Сл2		Сл3	
Возможность и проекта	В1	+	+		+	
	В2	-	-		-	
	В3	-	-		-	
	В4	-	-		-	
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 6.6 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны</p> <p>1) Высокая надежность</p> <p>2) Стабильность в получении результатов измерения</p> <p>3) Простота эксплуатации.</p> <p>4) Малая потребляемая мощность</p> <p>5) Получение реальных изображений, положения и размеров дефектов.</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>1) Сильно зависит от температуры, влажности окружающей среды</p> <p>2) Низкая помехозащищённость</p> <p>3) Необходимость при измерении фиксировать фазированную решетку максимально перпендикулярно к поверхности поддоны</p>
--	---	---

Продолжение таблицы 6.6

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

6.2 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.

6.3 Планирование научно-исследовательских работ

6.3.1 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 6.7.

Таблица 6.7 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

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

Продолжение таблицы 6.7

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%

6.3.2 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} .

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (6.2)$$

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице 6.8 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:

$$T_{PD} = \frac{t_{ож}}{K_{BH}} \cdot K_D, \quad (6.3)$$

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

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

K_D – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_D = 1.2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{KD} = T_{PD} \cdot T_K, \quad (6.4)$$

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

T_{KD} – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (6.5)$$

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 6.8 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 6.8 – 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 6.8

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

6.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{K=1}^i TP_K}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{K=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{Km}}{\sum_{K=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{Km}}, \quad (6.6)$$

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 6.9.

Таблица 6.9 – 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
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

Продолжение таблицы 6.9

Оформление графического материала	5,53	94,93
Подведение итогов	5,07	100

Таблица 6.10 – 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 – ■

6.3.4 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

6.3.4.1 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 6.11 – 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

$$C_{MAT} = 370 \times 1.05 = 388.5 \text{ руб.} \quad (6.7)$$

6.3.4.2 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.

Таблица 6.12 – Перечень затрат на специальное оборудование

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

6.3.4.3 Расчет амортизационных расходов

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

Норма амортизации H_A рассчитывается как:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (6.8)$$

где $T = 3$ – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации H_A :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%. \quad (6.9)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{год} = 40000 \cdot 0,33 = 13200 \text{ руб.} \quad (6.10)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{мес} = \frac{13200}{12} = 1100 \text{ руб.} \quad (6.11)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$C_{AM} = 1150 \cdot 5 = 5750 \text{ руб.} \quad (6.12)$$

6.3.4.4 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:

$$ЗП_{дн-т} = MO / 24.83 \quad (6.13)$$

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 6.13 – 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

$$C_{осн} = 47364.21 \text{руб.}$$

6.3.4.5 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:

$$C_{доп} = K_{доп} \cdot C_{осн} \quad (6.14)$$

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

$$C_{доп} = K_{доп} \cdot C_{осн} = 47364,21 \times 0,12 = 5683,71 \text{ руб.}$$

6.3.4.6 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:

$$C_{внеб} = K_{внеб} (C_{осн} + C_{доп}), \quad (6.15)$$

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. 6.3.4.5.1).

Таблица 6.14 – 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.	

6.3.4.7 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.

6.3.4.8 Контрагентные расходы

Наш проект - программа без контрагентных расходов.

6.3.4.9 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:

$$C_{накл} = (\text{сумма статей} \times \frac{1}{7}) \cdot K_{нр}, \quad (6.16)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

6.3.4.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 6.15 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование	Сумма, руб	Удельный вес, %
	ИИ	-
1. Фин. затраты	370	0.32
2. Расходы на спец. Оборуд.	40000	34.1
3. Амортизационные расходы	5750	4.9
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	47364,21	40.3
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5683,71	4.9
6. Отчисления во внебюджетные фонды	14850	12.6
7. Затраты на научные и производственные командировки	0	0
8. Контрагентские расходы	0	0
9. Накладные расходы	3388,98	2.9
10. Бюджет затрат НИИ	117406,9	100

6.4 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

$$I_{fin}^{isp1} = \frac{\Phi_{\text{ни1}}}{\Phi_{\text{мах}}} = \frac{151656,9}{151656,9} \approx 1$$

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

Таблица 6.16 – 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

$$I_{p-исп1} = 5*0,1+4*0,15+5*0,15+4*0,2+4*0,25+5*0,05+4*0,01=3,94$$

Таблица 6.17 – 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.

6.5 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В этом разделе оценивается то, что изучается для построения системы микрогравитации.

1. Определите потенциальных потребителей результатов исследования. Эта разработка может быть применена к партии и единичному выпуску крупных предприятий или применена к единичному выпуску мелких предприятий и физических лиц (см. Раздел 6.1.1).

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Выявлено один конкурент: немецкой компании KÖHL. Устройство лучше по комплексу параметров устройства-аналога и его разработка считается целесообразной и экономически выгодной (см. Раздел 6.1.2).

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: Возможное повышение себестоимости прибора, реализующего данный метод обработки сигнала, вследствие экономической политики; Консерватизм предприятий, нежелание внедрения новых технологий на производство взамен старым; Несвоевременное финансирование проекта. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 6.1.4.

4. Подсчёт затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьёй расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата исполнителей: специальное оборудование для научных работ – 40000 руб. (34,1%), амортизационные расходы – 5750 руб. (4,9%), основная – 47364,21 руб. (40,3%), дополнительная – 5683,71 руб. (4,9%), страховые взносы – 14850 руб. (12,6%). Затем идут накладные расходы – 3388,98 руб. (2,9%). Меньше всего средств уходит на материальные затраты – 370 руб. (0,32%). Общий бюджет разработки составил 117406,9 руб.

5. В разделе 6.4 оценивается экономическая эффективность разработки.

Из-за небольшого практического диапазона на данном этапе разрабатываемая система слаба с точки зрения финансовый, поэтому выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

7 Социальная ответственность

7.1 Введение

Объектом исследования является 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.

7.2 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).

7.3 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.

7.3.1 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 7.1.

Таблица 7.1 – Опасные и вредные факторы при исследовании ИПП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовле ние	Эксплуата ция	
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 7.1

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 7.2[21].

Таблица 7.2 – 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 7.3 – Оптимальные показатели микроклимата на рабочем месте производственных помещений для категории работ I

Период года	Температура воздуха, С	Температура поверхностей, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22 – 24	21 – 25	60 – 40	0,1
Теплый	23 – 25	22 – 26	60 – 40	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...0,5мм) 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 7.4 – Допустимый уровень звукового давления по видам трудовой деятельности [37]

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

7.3.2 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.

7.4 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].

7.5 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.

7.6 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

При выполнении ВКР разработана структурная схема системы микрогравитации, получена ее передаточная функция и характеристический полином. На основании найденных значений интервалов коэффициентов характеристического полинома и их зависимостей от нестабильных параметров составляется система неравенств, решение которой дает границы искомой области. Из него были определены области нестабильных параметров m и l системы микрогравитации и построены области нестабильных параметров системы микрогравитации с допустимой степенью устойчивости. Для проверки полученных результатов проведено моделирование САУ в Simulink Matlab и установлено, что система при изменении m и l сохраняет устойчивость с заданным качеством.

Список используемой литературы

1. Электромеханические системы с адаптивным и модальным управлением / Ю. А. Борцов, Н.Д. Поляхов, В. В. Путов. - Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1984. - 215 с. : ил. - Библиогр.: с. 210-213 (75 назв.). - Б. ц.
2. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. Учебное пособие для приборостроительных специальностей вузов / В. В. Солодовников, В. Н. Плотников, А. В. Яковлев. - Москва : Машиностроение, 1985. - 535 с. : ил. - (Для вузов). - Библиогр.: с. 527-528. - (в пер.) : Б. ц.
4. Петров Б.Н., Соколов Н.И., Липатов А.В. и др. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза. – М.: Машиностроение, 1986. – 256с.
5. Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического управления. Учебное пособие / –Новосибирск: Изд-во НГТУ. –2006. –368 с.
6. Вадутов, О.С. Решение задачи размещения полюсов системы методом D–разбиения / О.С. Вадутов, С.А. Гайворонский // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2004. – № 5. – С. 23-27.
7. Гусев, Ю.М. Анализ и синтез линейных интервальных динамических систем (состояние проблемы). Анализ с использованием интервальных характеристических полиномов / Ю.М. Гусев, В.Н. Ефанов, В.Г. Крымский // Техническая кибернетика. – 1991. – № 1 – С. 3-30.
8. Неймарк, Ю.И. Робастная устойчивость и D-разбиение / Ю.И. Неймарк // Автоматика и телемеханика. – 1992. – № 7. – С. 10-18.
9. Петров, Н.П. Робастное D–разбиение / Н.П. Петров, Б.Т. Поляк // Автоматика и телемеханика. – 1991. – № 11. – С. 41-53.
10. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов. В 2 ч. Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления / Н.А. Бабанов, А.А.

Воронов, А.А. Воронова, Г.Д. Дидук, Н.М. Дмитриева, Д.П. Ким, Б.М. Менский, П.Н. Попович; Под ред. А.А. Воронова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 367 с.

11. Скворцов Л.М. Синтез линейных систем методом полиномиальных уравнений // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. 1991. № 6. С. 54-59.

12. Скворцов Л.М. Интерполяционный метод решения задачи назначения доминирующих полюсов при синтезе одномерных регуляторов // Изв. РАН. Теория и системы управления. 1996. № 4. С. 10-13.

13. Скворцов Л.М. Интерполяционный метод решения задачи назначения доминирующих полюсов при синтезе многомерных регуляторов // Изв. РАН. Теория и системы управления. 1997. № 1. С. 31-34.

14. Неймарк Ю.И. Динамические системы и управляемые процессы. – М.: Наука, 1978. – 336с.

15. Райцын Т.М. Синтез систем автоматического управления методом направленных графов. – Л.: Энергия, 1970. – 96 с.

16. Удерман Э.Г. Метод корневого годографа в теории автоматического управления. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1963- 112 с.

17. Неймарк, Ю.И. Область робастной устойчивости и робастность по нелинейным параметрам // ДАН. 1992. Т.325, № 3. -С.438-440.

18. Неймарк, Ю.И. Робастная устойчивость линейных систем // ДАН. 1991. Т. 319. № 3. -С.578-580.

19. Ротач В.Я. Автоматизация настройки систем управления. -М.: Энергоиздат, 1984.

20. Стефани Е.П. Основы расчета настройки регуляторов. ~М.: Энергоиздат, 1982.

21. Ротач В.Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования. -

М.: Энергоиздат, 1984.

22. Ротач В.Я. Расчет настройки реальных ПИД регуляторов // Теплоэнергетика. 1993. №10.

23. Ротач В.Я. К расчету систем автоматического регулирования со вспомогательными информационными каналами методом многомерного сканирования // Теплоэнергетика. 2001. №11.

24. Добронец Б. С. Интервальная математика: Учеб. пособие / «СФУ», — Красноярск, 2007. —287 с.

25. Гайворонский, С.А. Определение настроек линейных регуляторов, обеспечивающих апериодические переходные процессы в интервальных системах / С.А. Гайворонский, М.С. Суходоев // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Том 316. – № 5. – С. 12-15.

26. Домбровский В.В. Синтез динамических регуляторов пониженного порядка при ограничениях // Автоматика и телемеханика., 1996. № 11. – С. 10–12.

27. Воевода А.А. Стабилизация двухмассовой системы: полиномиальный метод синтеза двухканальной системы // Сб. науч. тр. НГТУ, 2009. № 4(58). – С. 121–124.

28. Воевода А.А. Стабилизация двухмассовой системы: модальный метод синтеза в пространстве состояний / Воевода А. А., Шоба Е. В. // Сб. науч. тр. НГТУ, 2010. № 1(59). – С. 25–34.

29. Воевода А.А. Синтез регуляторов пониженного порядка / Воевода А. А., Мелешкин А. И. // Научный вестник НГТУ. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1997, № 3. – С 41–58.

30. Воевода А.А. О совмещенных декартовых координатах в пространстве корней многочленов с действительными коэффициентами /

Воевода А. А., Плохотников В. В., Чехонадских А. В. // Сб. науч. тр. НГТУ, 2001. № 1(23). – С. 153–156.

31.Скворцов Л.М. Синтез линейных систем методом полиномиальных уравнений // Автоматика и телемеханика, 1991. № 6. – С. 54–59.

32.Белихмайер М.Я. Синтез корректирующих устройств систем автоматического управления на основе равномерного приближения /Белихмайер М.Я., Гончаров В.И.// Автоматика и телемеханика,1997. № 5. – С. 3–11.

33.Боровиков А.Ю. Аппроксимационные алгоритмы синтеза регуляторов пониженного порядка / Боровиков А. Ю., Воевода А. А., Мелешкин А. И. // Сб. науч. тр. НГТУ,1999. № 2(15). –С. 130–134.

34. Эйлер, Л., Труды С. - Петербургской академии наук. –1765. – Том XIII.

35. Мееров, М.В. Критерий апериодичности регулирования // Известия АН СССР. Отд. Техн. Наук, 1945. № 12. – С. 10-17.

36. Удерман, Э.Г. Метод корневого годографа в теории автоматических систем – М.: Наука, 1972. – С. 448 .

37. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

38. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.

39.СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ).

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

Приложение А

Раздел I

Построение математической модели системы компенсации веса

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM92	Ван Цин		

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

One of the main trends in the development of modern space technology is the equipping of spacecraft with mechanical systems (MS) deployed from the transport position to the operating position under zero gravity conditions. Such MS include, for example, power supply systems, receiving and transmitting communication complexes and other remote structures of spacecraft. The increase in the size and complexity of the MS steadily leads to an increase in the requirements for the reliability of their transfer from the folded state to the expanded state, while ensuring the specified parameters of the movement of the links (speeds, accelerations). Therefore, the task of testing the created MS is currently acquiring special significance. At the same time, due to the high cost of flight tests, it is advisable to use less expensive ground tests of MS under conditions of simulated weightlessness. For their implementation, special microgravity systems (SM) have been created.

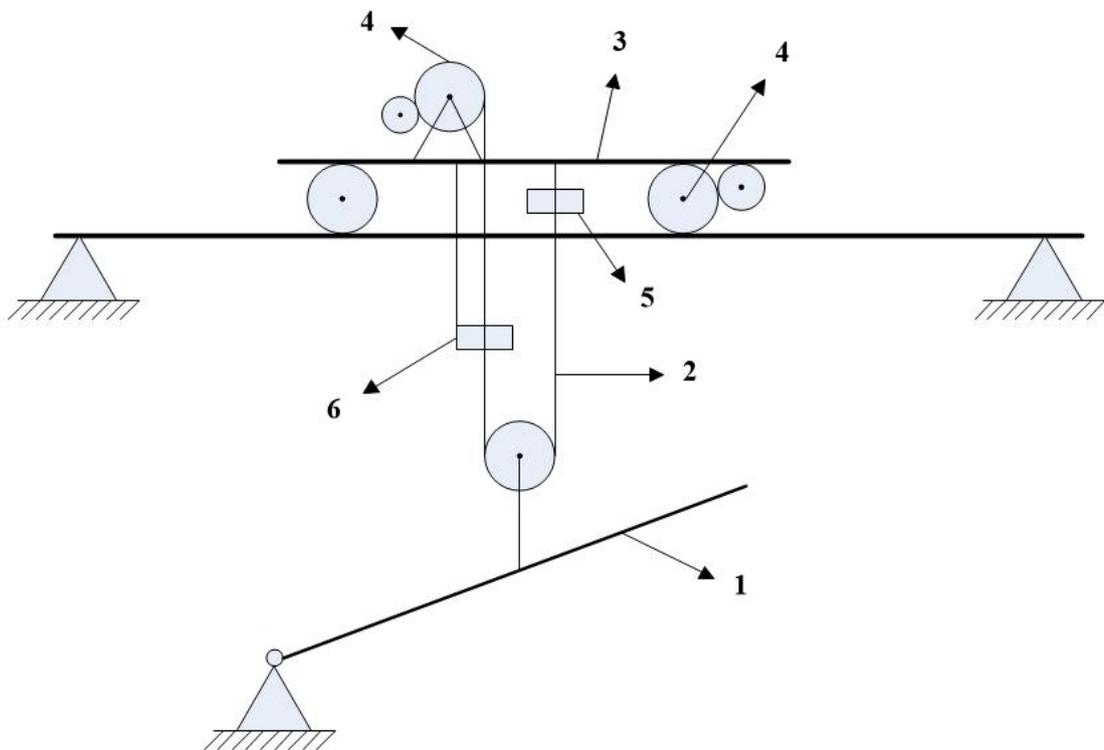


Figure 1 - Scheme of an automated microgravity stand

The scheme of the automated microgravity stand has 2 control channels:

1. vertical channel (VK);

2. horizontal channel (HC).

CM consists of two parts: executive and command. The executive part of the SM is shown in Fig. 1 and includes:

- test object (MS) 1;
- cable-block system 2, with the help of which the MC links are hung out for the centers of gravity;
- carriage 3, moving along horizontal guides 5;
- electric motors with gearboxes 4;
- cable tension deflection sensor 5;
- cable deflection sensor 6.

The SM allows you to test the MS, the links of which, in the process of deployment, make movements in the vertical and horizontal directions. To simulate weightlessness, it is necessary that the vector of the cable tension force at the suspension point of the MC link be equal in magnitude and opposite in direction to the vector of the weight force of the link. The fulfillment of this condition is based on solving two problems:

- 1) maintaining constant tension in the cable on which the MC link is hung;
- 2) maintaining the vertical position of this cable.

To solve these problems, the SM has two subsystems:

- 1) a system for automatic compensation of the link weight, which solves the first problem;
- 2) a carriage control system that solves the second problem of simulating weightlessness.

The main problem in creating the SM is to ensure high accuracy of simulating weightlessness during the deployment of the MS. This can be achieved by creating high-quality and high-precision specialized automatic systems.

When creating a SM, it is necessary to take into account the requirements for automatic systems, in particular:

- permissible deviation of the cable tension force in transient and steady-state modes of the weight compensation system;
- the permissible angle of deviation of the cable from the vertical position in transient and steady-state modes of the carriage control system;
- ranges of speeds and accelerations tracked by systems in vertical and horizontal directions;
- the end time of transient processes in systems.

It is known that the creation of high-quality and high-precision systems is possible only when, in their development, the peculiarities of the regulated objects are taken into account as much as possible. A characteristic feature of the objects of regulation of the SM is the uncertainty of some parameters due to their inaccurate knowledge and changes during the deployment of the MS.

The above-mentioned feature of the objects of regulation is manifested to the greatest extent in the objects of regulation of the subsystems for compensating the weight of the MS links. The structure of the generalized object of regulation (OOR) of the vertical channel SM (Fig. 2) includes a link MS, a cable tension deflection sensor, a cable, an electric drive.

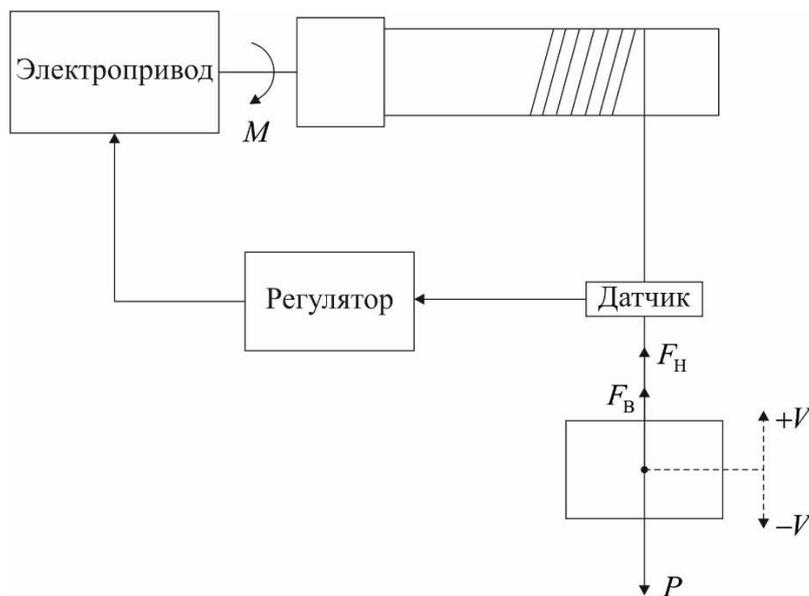


Figure 2 - Weight compensation system

Uncertain and unstable OOP parameters are the mass of the MS link and the length of the cable on which the link is hung. The instability of these parameters is the reason that the mechanical resonances of the controlled object have previously unknown or changing frequency spectra. This circumstance can lead to a significant change in the dynamic properties of the system and even to a loss of stability.

1 Construction of a mathematical model of a weight compensation system

In this section, a mathematical model of the weight compensation subsystem is developed in the form of its structural diagram. The SM weight compensation subsystem is a two-mass electromechanical system with elastic coupling (Figure 2).

When compiling differential equations describing the movement of the MS under the action of forces applied to it, the following assumptions were made:

- the mass of the tension sensor is zero;
- the rigidity of the elastic element of the tension sensor is equal to infinity.

As a result of the description of the generalized control object of the weight compensation system, we obtain a system of equations in operator form with zero initial conditions:

$$m \frac{d\Delta V_m}{dt} = \Delta F_B - \Delta F_H; \quad (1.1)$$

$$\Delta F_H = \left(\frac{C + \chi p}{p} \right) (\Delta V_m - \Delta V_{\delta\epsilon}); \quad (1.2)$$

$$J \frac{d\Delta V_{\delta\epsilon}}{dt} \cdot \frac{1}{r} = (\Delta F_{np} + \Delta F_H) \cdot r; \quad (1.3)$$

where m is the mass of the MS;

r – block radius;

C – the coefficient of stiffness of the cable;

χ – coefficient of elasticity loss;

ΔV_m – MS speed;

$\Delta V_{\delta s}$ – speed of the electric drive;

ΔF_B – disturbing force;

ΔF_H – cable tension;

J – reduced moment of inertia of the moving masses of the engine;

To obtain a structural diagram of the SM based on the above equations, we write expressions for the coordinates of the system.

$$\Delta V_m = \frac{\Delta F_B - \Delta F_H}{ms}; \quad (1.4)$$

$$\Delta F_H = \left(\frac{C + \chi s}{s} \right) (\Delta V_m - \Delta V_{\delta s}); \quad (1.5)$$

$$\Delta V_{\delta s} = \frac{(\Delta F_{np} + \Delta F_H) \cdot r^2}{J \cdot s}; \quad (1.6)$$

Let the controller have a transfer function $W_p(s)$:

$$W_p(s) = k_1 \cdot \frac{k_2 \cdot (Ts + 1)}{s}; \quad (1.7)$$

where k_1, k_2 – is the gain of the electrical part of the drive and the gain of the PI controller, respectively; T – time constant of the PI controller. Then the following expression is valid for the electric drive.

$$\Delta F_{np} = W_p(s) \cdot F_H = k_1 \cdot \frac{k_2 \cdot (Ts + 1)}{s} \cdot F_H; \quad (1.8)$$

1.1 Block diagram of the weight compensation system

As a result, the block diagram of the weight compensation system, including the regulator, electrical and mechanical parts, will take the form shown in Figure 3.

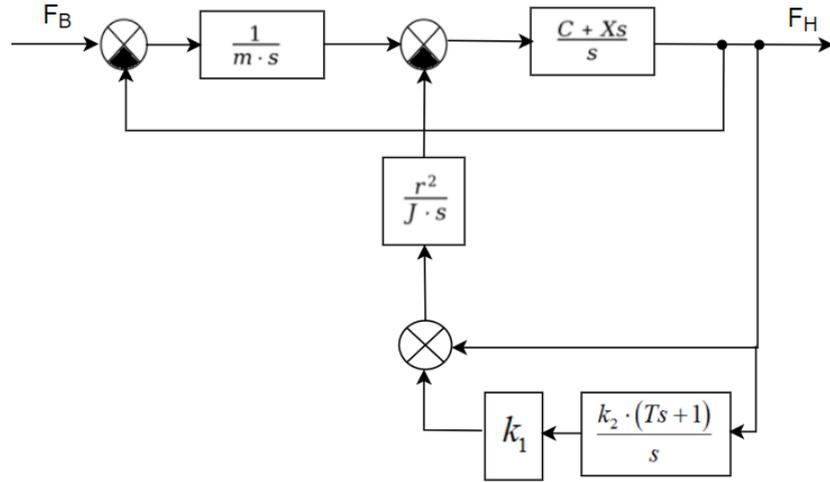


Figure 3 - Structural diagram of the weight compensation system

1.2 Transfer function of closed loop weight compensation

On the basis of this scheme, the transfer function of the system is obtained, the input of which is an external disturbance, and the output is the increment of the cable tension.

$$W(s) = \frac{\frac{1}{ms} \cdot \frac{C + \chi s}{s} \cdot \frac{r^2}{Js}}{1 + \frac{1}{ms} \cdot \frac{C + \chi s}{s} \cdot \left[1 + \frac{k_1 \cdot k_2 (Ts + 1)}{s} \right] \cdot \frac{r^2}{Js}}; \quad (1.9)$$

The denominator of the transfer function of a closed-loop system is its characteristic polynomial:

$$mJs^3 + (m\chi r^2 + m\chi r^2 k_1 k_2 T + \chi J)s^2 + (mCr^2 + mCr^2 k_1 k_2 T + m\chi r^2 k_1 k_2 + CJ)s + mCr^2 k_1 k_2; \quad (1.10)$$

The stiffness coefficient of the cable is determined by the formula:

$$C = \frac{C_{y\text{д}}}{l}; \quad (1.11)$$

where $C_{y\text{д}} = 2 \cdot 10^3 \text{ Н}$ – is the coefficient of the specific stiffness of the cable;

l – the length of the elastic element;

The coefficient of elasticity loss depends on the length of the rope as follows:

$$\chi = \frac{\chi_{y\text{д}}}{l}; \quad (1.12)$$

where $\chi_{y\text{д}} = 10^3 \text{ нс}$ – is the specific coefficient of elasticity loss of the rope (damping coefficient).

The unstable parameters of the system are the length of the cable and the mass of the MS. Therefore, we bring the characteristic polynomial of the system to the form (1.13).

$$l \cdot A_1(s) + \frac{1}{m} \cdot A_2(s) + A_3(s) = 0; \quad (1.13)$$

where $A_1(s) = Js^3$;

$$A_2(s) = J(C_{y\text{д}} + \chi_{y\text{д}}s)s;$$

$$A_3(s) = C_{y\text{д}}k_1k_2r^2 + \chi_{y\text{д}}Tk_1k_2r^2s^2 + \chi_{y\text{д}}r^2s^2 + C_{y\text{д}}k_1k_2Tr^2s + \chi_{y\text{д}}k_1k_2r^2s + C_{y\text{д}}r^2s.$$