

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

Институт Кибернетики
Направление подготовки Управление в технических системах
Кафедра Автоматики и компьютерных систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ динамических свойств трособлочной системы силовой разгрузки с учетом сухого трения в блоках

УДК 621.86.065.3:53/4 – 047.44

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Сейтказинова Анаргуль Оралхановна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента ИСГТ	Антонова Ирина Сергеевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.о.зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев Михаил Сергеевич	к.т.н.		

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ)

по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах»

Код результатов	Результаты обучения (выпускник должен быть готов) Профессиональные и общепрофессиональные компетенции
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств автоматизации.
P2	Обладать знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте в области управления техническими объектами с использованием вычислительной техники
P3	Применять полученные знания (P1 и P2) для формулирования и решения инженерных задач при проектировании, производстве и эксплуатации современных систем управления техническими объектами и их составляющих с использованием передовых научно-технических знаний, достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие методы анализа и синтеза систем управления, методы расчета средств автоматизации, уметь выбирать и использовать подходящее программное обеспечение, техническое оборудование, приборы и оснащение для автоматизации и управления техническими объектами.
P5	Уметь находить электронные и литературные источники информации для решения задач по управлению техническими объектами
P6	Уметь планировать и проводить эксперименты, обрабатывать данные и проводить моделирование с использованием вычислительной техники, использовать их результаты для ведения инновационной инженерной деятельности в области управления техническими объектами.
P7	Демонстрировать компетенции, связанные с инженерной деятельностью в области научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации систем управления и средств автоматизации на предприятиях и организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации и управления техническими объектами, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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

Институт - Кибернетики
 Направление подготовки (специальность) – Управление в технических системах
 Кафедра - Автоматики и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о.зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8А31	Сейтказинова Анаргуль Оралхановна

Тема работы:

Анализ динамических свойств трособлочной системы силовой разгрузки с учетом сухого трения в блоках	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№786/с от 09.02.2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Параметры трособлочной системы силовой разгрузки:</p> <p>$m_{зв} = 500 - 1000, \text{ кг}$</p> <p>$m_{п} = 500 - 1000, \text{ кг}$</p> <p>$r = 0.1, \text{ м}$</p> <p>$J = 0.8, \text{ кг} \cdot \text{ м}^2$</p> <p>$C_{уд} = 10^6, \text{ Н}$</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) Обзор литературы; 2) Разработка модели системы силовой разгрузки с учетом сухого трения в блоках; 3) Эквивалентное преобразование звена с сухим трением; 4) Построение модели системы силовой разгрузки без учета инерционности блоков; 5) Анализ влияния сухого трения на динамические свойства системы.
<p>Перечень графического материала</p>	<p>Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint)</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p style="text-align: center;">Социальная ответственность</p>	<p>Доцент кафедры менеджмента, к.э.н., Антонова И.С.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент кафедры ЭБЖ, к.т.н., Извеков В.Н.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p><i>Заключение</i></p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АИСК	Гайворонский С.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Сейтказинова Анаргуль Оралхановна		

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

Институт Кибернетики
 Направление подготовки (специальность) 27.03.04 «Управление в технических системах»
 Уровень образования бакалавриат
 Кафедра Автоматики и компьютерных систем
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

(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)
20.04.2017	<i>Получение математической модели системы силовой разгрузки</i>	10
25.04.2017	<i>Моделирование трособлочной системы силовой разгрузки без учета сухого трения в блоках</i>	25
12.05.2017	<i>Моделирование трособлочной системы силовой разгрузки с учета сухого трения в блоках</i>	25
25.06.2017	<i>Социальная ответственность</i>	15
01.06.2017	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	15
08.06.2017	<i>Выводы по результатам работы</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АиКС	С.А. Гайворонский	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	М.С. Суходоев	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8А31	Сейтказинова Анаргуль Оралхановна

Институт		Кафедра	
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	27.03.04 «Управление в технических системах»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Информация о заработных платах сотрудников с сайта tri.ru</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормативные документы: Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 «О функционировании различных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Положение ФЗ РФ №212 от 24 июля 2009г. «О страховых взносах в пенсионный фонд Российской Федерации, фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»: Общая система налогообложения с учетом льгот для образовательных учреждений, в том числе 27,1% отчислений во внебюджетные фонды</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. <i>Потенциальные потребители результатов исследования.</i> 2. <i>Оценка конкурентоспособности.</i> 3. <i>SWOT-анализ.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	1. <i>Расчет материальных затрат НИИ.</i> 2. <i>Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.</i> 3. <i>Основная заработная плата исполнителей темы.</i> 4. <i>Дополнительная заработная плата исполнителей темы.</i> 5. <i>Отчисления во внебюджетные фонды</i> 6. <i>Прочие расходы.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Анализ интегральных показателей эффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
--

2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антонова Ирина Сергеевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Сейтказинова Анаргуль Оралхановна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8А31	Сейтказинова Анаргуль Оралхановна

Институт	ИК	Кафедра	АИКС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	27.03.04 «Управление в технических системах»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Характеристика объекта исследования: Анализ динамических свойств трособлочной системы силовой разгрузки с учетом сухого трения в блоках Области применения: Система автоматизации</i></p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Вредные факторы при разработке и эксплуатации проектируемого решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - освещенность; - шум; - электромагнитное и электрическое излучения. <p>Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электрический ток.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия разработки на литосферу.

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар.</p> <ul style="list-style-type: none"> – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
<p>4. 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"> – правовые нормы трудового законодательства; – нормы времени работы и отдыха с использованием ПК; – конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов;

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Извеков В.Н.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Сейтказинова Анаргуль Оралхановна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 90 страниц, 19 рисунков, 24 таблиц, 22 источников.

Ключевые слова: сбалансированный манипулятор, трехмассовая система, «люфт», объект регулирования, груз-противовес.

Объектом исследования является трособлочная система силовой разгрузки.

Цель работы – анализ динамических свойств трособлочной системы силовой разгрузки с учетом сухого трения в блоках.

В процессе исследования проводилось математическое описание трособлочной системы силовой разгрузки с учетом сухого трения в блоках.

В результате исследования проведен анализ влияния сухого трения в блоках трособлочной системы силовой разгрузки на точность и качество работы системы.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть использованы для повышения точности и качества сбалансированных манипуляторов за счет компенсации влияния сухого трения.

Также в выпускную квалификационную работу были включены задания по разделам «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и «Социальная ответственность».

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

СМ – сбалансированный манипулятор

ТБССР – трособлочная система силовой разгрузки

ОР – объект регулирования

ССР - система силовой разгрузки

НИР – научно-исследовательская работа

ЭВМ – электронная вычислительная машина

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

НТИ – научно – исследовательский проект

МС – международный стандарт

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	14
1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СИЛОВОЙ РАЗГРУЗКИ.....	18
1.1 Упрощенная линейная модель объекта регулирования.....	19
1.2 Модель объекта регулирования с учетом сухого трения в блоках трособлочной системы.....	22
1.3 Преобразование модели объекта регулирования с учетом малой инерционности блоков	27
2. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СУХОГО ТРЕНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ СИЛОВОЙ РАЗГРУЗКИ	35
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	39
Введение.....	39
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	40
3.1.1 Потенциальные конкуренты для результатов исследования.....	40
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	41
3.1.3 SWOT-анализ.....	43
3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	45
3.3 Планирование научно-исследовательских работ	47
3.3.1 Составление перечня работ.....	47
3.3.2 Продолжительность этапов работ	48
3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	51
3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	51
3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	52
3.4.3 Расчет основной заработной платы	53
3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	55
3.4.5 Отчисление во внебюджетные фонды	55
3.4.6 Прочие расходы.....	56
3.4.7 Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта	56

3.5	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	58
4.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	61
	Аннотация	61
	Введение.....	61
4.1	Профессиональная социальная безопасность	62
4.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	62
4.1.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследования	63
4.1.3	Микроклимат	66
4.1.3.1	Расчет системы кондиционирования помещения	68
4.1.4	Освещение.....	71
4.1.4.1	Расчет искусственного освещения	72
4.1.5	Шум	76
4.1.6	Электромагнитные излучения	76
4.1.7	Психофизические факторы	77
4.1.8	Электрический ток	78
4.2	Экологическая безопасность	80
4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	81
4.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	83
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	87
	CONCLUSION	88
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	89

ВВЕДЕНИЕ

Применение сбалансированных манипуляторов (СМ) для механизации ручного труда, позволяет повысить эффективность выполнения основных и вспомогательных технологических операций литейных, механических, сборочных и других производств, связанных с перемещением грузов большого веса. Особенность функционирования существующих сбалансированных манипуляторов заключается в том, что перемещение и позиционирование груза осуществляется рабочим при изменении задающего воздействия на вход контура регулирования скорости электропривода. Проведенный анализ показал, что наибольшее распространение получили манипуляторы с электроприводом системы вертикальных перемещений груза и пассивной системой его горизонтальных перемещений [3].

В общем случае сбалансированный манипулятор состоит из двух частей: исполнительной и командной. Исполнительная часть показана на рисунке 1. В ее состав входят:

- 1) перемещаемый груз 6
- 2) трособлочная система 1 с грузом-противовесом 7
- 3) датчик 2 отклонения натяжения троса
- 4) привод 5 вертикального канала СМ.

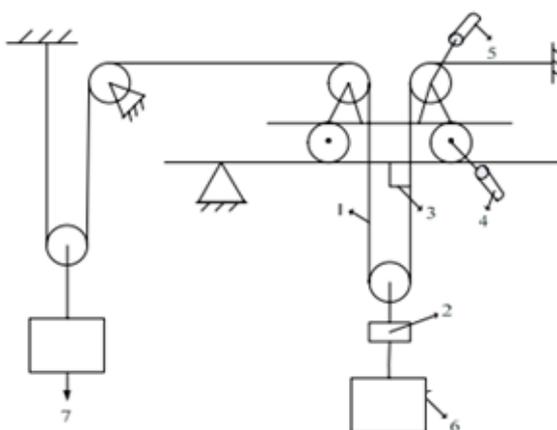


Рисунок 1 – Исполнительная часть СМ

Сбалансированный манипулятор позволяет перемещать грузы в вертикальном и горизонтальном направлениях. Для обеспечения высоких технических характеристик СМ необходимо реализовать следующие требования:

- исходя из необходимости контроля рабочим положения перемещаемого объекта, привод механизма СМ должен обеспечивать вертикальные перемещения груза с допустимыми скоростями и ускорениями и его фиксацию с высокой точностью;

- работа СМ с хрупкими и крупногабаритными изделиями в ограниченных рабочих местах обуславливает необходимость плавного изменения скорости манипулятора без рывков, вибраций и просадок груза;

- максимальная скорость вертикального перемещения груза зависит от высоты зоны обслуживания и условий безопасной работы;

- грузоподъемность СМ с электроприводом составляет 500–1000 кг;

- необходимо уменьшение отрицательного влияния сухого трения в блоках торособлочной системы [1].

Для работы СМ необходимо, чтобы вектор силы натяжения троса в точке подвеса груза был равен по величине и противоположен по направлению вектору силы веса груза. Выполнение данного условия основано на решении двух задач [2]:

- 1) поддержание постоянным натяжения в тросе, на котором вывешен перемещаемый груз;

- 2) поддержание вертикального положения троса.

Для выполнения указанных задач СМ оснащен трособлочной системой силовой разгрузки (ТБССР), состоящей из двух систем: системы автоматической компенсации веса груза, решающей первую задачу, и системы управления кареткой, решающей вторую задачу.

Использование в системах управления электроприводом СМ информации об усилии позволяет осуществлять уравнивание статической нагрузки груза моментом, развиваемым электроприводом. Такие технические решения используются, например, при реализации систем компенсации силы тяжести обезвешиваемых объектов тренажных комплексов. В силокомпенсирующих системах СМ эффект обезвешивания груза достигается благодаря созданию электродвигателем требуемого силового воздействия, компенсирующего силу тяжести и другие усилия, препятствующие перемещению груза рабочим [3].

Основная проблема при создании СМ заключается в обеспечении высокой точности его работы СМ в процессе перемещения груза. Добиться этого можно путем создания высококачественных и высокоточных автоматических систем. Известно, что создание таких систем возможно лишь тогда, когда при их разработке максимально учитываются особенности объектов регулирования. Характерной особенностью объектов регулирования автоматических систем СМ являются многомассовость и наличие упругих связей. При синтезе систем с такими объектами необходимо обеспечить допустимое качество регулирования путем эффективного подавления механических резонансов.

Другим важным фактором, влияющим на быстродействие и производительность работы СМ, является наличие сухого трения в многочисленных блоках трособлочной системы, связанных упругими участками троса. Так при перемещении грузов большой массы (500-1000 кг) суммарное значение сил сухого трения в трособлочной системе СМ может достигать 200-400 Н.

Сухое трение, как один из наиболее сложных видов нелинейностей, существенным образом влияет на качество и точность работы системы, причем его влияние на качество может быть и положительным, и отрицательным. Моменты сухого трения в блоках определяются трением в подшипниках роликов. Учитывая, что в трособлочных системах СМ используются подшипники качения, характеристику сухого трения можно представить в виде, показанном на рисунке 2. Здесь момент трения движения равен моменту трения покоя и обозначен через $M_{тр}$, ω - скорость вращения блока.

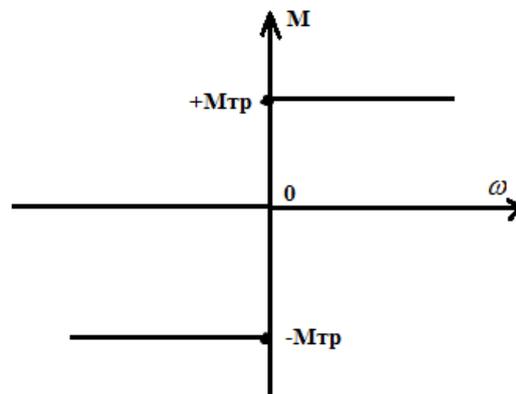


Рисунок 2 – Характеристика сухого трения

Отметим особенности сухого трения в трособлочной системе СМ. Во-первых, оно действует во многих блоках, соединенных упругими связями в виде участков троса. Во-вторых, величины моментов сухого трения заранее неизвестны и могут быть определены лишь приближенно на основании экспериментов.

Таким образом, целью ВКР является составление математической модели трособлочной системы силовой разгрузки (с учетом всех указанных выше особенностей объекта регулирования) и анализ на основе полученной модели динамических свойств системы. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи

- 1) составить уравнения динамики движения элементов электромеханической ТБССР;
- 2) Составить структурные схемы элементов ТБССР;
- 3) Сформировать структуру всей электромеханической ТБССР.

1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СИЛОВОЙ РАЗГРУЗКИ

Проведенный выше анализ позволяет сделать вывод, что объект регулирования ТБССР является нелинейным упруго-массовым объектом. Так как мы имеем дело с достаточно сложным объектом регулирования, и необходим комплексный учет всех его особенностей, то представляется важным построение математической модели объекта регулирования.

Известно, что к математической модели объекта предъявляются противоречивые требования: с одной стороны, она должна как можно полно отражать свойства объекта; с другой стороны - быть по возможности простой, чтобы не усложнять исследования [8]. Для разрешения указанного противоречия обычно выделяют в объекте малые параметры и не учитывают их в модели. Придерживаясь этого общепринятого подхода, пренебрежем следующими параметрами ОР:

- 1) упругостями направляющих каретки и датчика отклонения натяжения троса (так как они много меньше упругости троса – основного упругого элемента ОР);
- 2) массой датчика отклонения натяжения троса;
- 3) инерционностью указанного датчика, определяемой постоянной времени входящего в него фильтра, предназначенного для подавления высокочастотных помех.

Для построения математических моделей ОР используем способ описания объекта с помощью дифференциальных уравнений преобразований «вход-выход» всех его звеньев. Так как ОР является упругомассовым объектом, то в основу математического описания положим второй закон Ньютона и закон Гука. При этом представляется целесообразным записывать уравнения звеньев ОР в отклонениях от установившегося режима, поскольку входным измеряемым параметром ОР является отклонение натяжного троса [8].

1.1 Упрощенная линейная модель объекта регулирования

Примем следующие допущения:

- 1) сухое трение в блоках отсутствует;
- 2) радиусы всех блоков трособлочной системы одинаковы;
- 3) блоки в трособлочной системе являются безынерционными.

При этих допущениях ОР можно представить трехмассовой системой, в которой масса груза, масса противовеса и эквивалентная масса механической части электропривода связаны двумя упруговязкими элементами в виде участков троса: длиной l_1 (от левой точки закрепления троса до точки его соприкосновения с приводом блока) и длиной l_2 (от точки соприкосновения троса с приводом блока до правой точки закрепления троса) [4].

Рассмотрим вертикальное движение центра тяжести груза под действием внешней силы. Для такого случая на рисунке 3 приведена схема механической части ОР, где использованы следующие обозначения:

ΔF_{H1} , ΔF_{H2} - приращения сил натяжения соответственно первого и второго участков троса;

$\Delta V_{зв}$, $\Delta V_{п}$ – приращения линейных скоростей соответственно центра тяжести груза и противовеса;

$\Delta \omega$ - приращение угловой скорости вращения приводного блока;

ΔM - приращение вращающего момента электродвигателя;

$\Delta F_{в}$ – приращение внешней силы, действующей на центр тяжести груза.

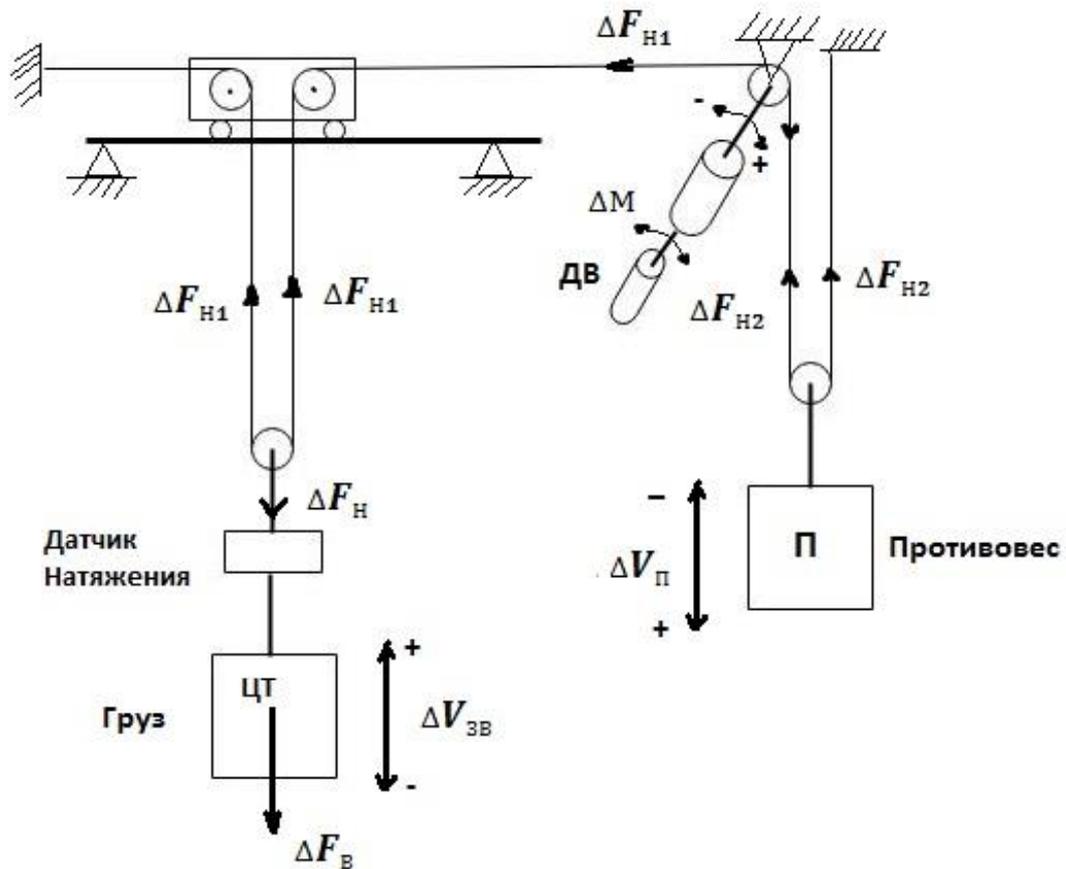


Рисунок 3 – Схема механической части ОР

Динамика ОР описывается следующей системой дифференциальных уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{3B} p \Delta V_{3B} = 2 \Delta F_{H1} - \Delta F_B \\ m_{II} p \Delta V_{II} = -2 \Delta F_{H2} \\ \Delta F_{H1} = \left(\frac{C_1}{p} + \alpha_1 \right) (r \Delta \omega - 2 \Delta V_{3B}) \\ \Delta F_{H2} = \left(\frac{C_2}{p} + \alpha_2 \right) (2 \Delta V_{II} - r \Delta \omega) \\ J p \Delta \omega = r (\Delta F_{H2} - \Delta F_{H1}) + i \Delta M \\ \Delta M = C_M \Delta I_{Я} \\ T_{Э} p \Delta I_{Я} + \Delta I_{Я} = \frac{1}{R_{Я}} \Delta U_{Я} - \frac{C_e i}{R_{Я}} \Delta \omega \\ \Delta U_H = K_{дн} \Delta F_H \\ (\Delta U_y - \Delta I_{Я} K_{дт}) \beta K_{тп} (\tau p + 1) = p \Delta U_{Я} \end{array} \right. \quad (1)$$

где $p = \frac{d}{dt}$ – оператор дифференцирования;

m_{3B}, m_{II} – массы груза и противовеса;

C_1, C_2 – коэффициенты жесткости первого и второго участков троса;

α_1, α_2 – коэффициенты внутреннего демпфирования первого и второго участка троса;

J – приведенный к выходному валу редуктора, суммарный момент инерции электропривода;

i – передаточное число редуктора;

r – радиус блоков;

C_e, C_M – коэффициент ЭДС двигателя и коэффициент передачи двигателя по моменту;

$K_{дт}, K_{дп}, K_{тп}$ – коэффициенты передачи датчика тока, датчика отклонения натяжения троса и тиристорного преобразователя;

$\Delta U_{Я}, \Delta U_y, \Delta U_H$ – приращения напряжения на входе двигателя, на входе тиристорного преобразователя и выходного отклонения натяжения троса;

$T_{Э}$ – электромагнитная постоянная времени двигателя;

$R_{Я}$ – сопротивления цепи якоря двигателя;

$\Delta I_{Я}$ – приращение тока в цепи якоря двигателя;

β, τ – настройки пропорционально-интегрального регулятора.

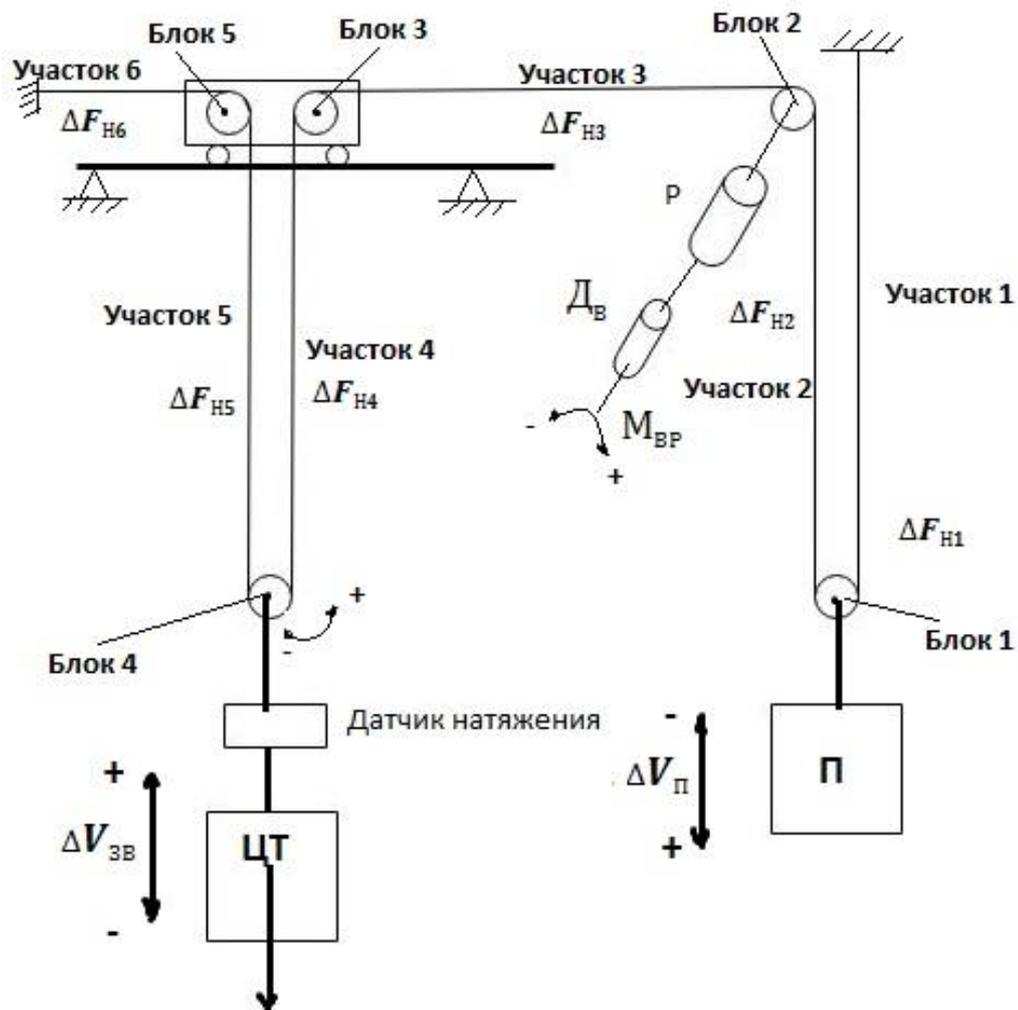


Рисунок 5 – Схема механической части с выделенными участками троса между блоками

Заметим, что блоки 2,3 и 5 (рисунок 5) вращаются вокруг неподвижных осей, а блоки 1 и 4 способны совершать вращательно-поступательные движения. Указанное обстоятельство приводит к необходимости использования при составлении уравнений динамики ОР теоремы о мгновенном центре скоростей [6]. Действительно, для блока, совершающего вращательно-поступательное движение, линейная скорость V точки касания троса с блоком со стороны привода определяется суммой

$$V = V_0 + \omega r,$$

где V_0 - линейная скорость точки, через которую происходит вращение блока;

ω - угловая скорость вращения блока;

r - радиус блока.

Уравнение линейной скорости V' диаметрально противоположной точки касания троса с блоком определяется разностью

$$V' = \omega r - V_0.$$

Скорость V_0 для блока 1 определяется скоростью противовеса, а для блока 4- скоростью центра тяжести груза.

Коэффициент жесткости троса C определяется по формуле

$$C = \frac{C_{уд}}{l},$$

Коэффициент потери упругости зависит от длины троса следующим образом

$$\alpha = \frac{\alpha_{уд}}{l},$$

Принимая во внимание, что длины участков 1 и 2, а также 4 и 5 попарно равны, а, следовательно, попарно равны и жесткости этих участков троса, запишем систему уравнений динамики ОР:

$$\left\{ \begin{array}{l}
\Delta F_{H1} = \left(\frac{C_1}{p} + \alpha_1 \right) (\Delta V_{\Pi} - r\Delta\omega_1) \\
\Delta F_{H2} = \left(\frac{C_1}{p} + \alpha_1 \right) (\Delta V_{\Pi} + r\Delta\omega_1 - r\Delta\omega_2) \\
\Delta F_{H3} = \left(\frac{C_2}{p} + \alpha_2 \right) (r\Delta\omega_2 - r\Delta\omega_3) \\
\Delta F_{H4} = \left(\frac{C_3}{p} + \alpha_3 \right) (r\Delta\omega_3 + \Delta V_{3B} + r\Delta\omega_4) \\
\Delta F_{H5} = \left(\frac{C_3}{p} + \alpha_3 \right) (r\Delta\omega_3 + \Delta V_{3B} + r\Delta\omega_4) \\
\Delta F_{H6} = \left(\frac{C_4}{p} + \alpha_4 \right) r\Delta\omega_5 \\
J_1 p \Delta\omega_1 = r(\Delta F_{H1} - \Delta F_{H2}) - M_{TP1} \text{sign} \Delta\omega_1 \\
J p \Delta\omega_2 = r(\Delta F_{H2} - \Delta F_{H3}) + \Delta M - M_{TP} \text{sign} \Delta\omega_2 \\
J_3 p \Delta\omega_3 = r(\Delta F_{H3} - \Delta F_{H4}) - M_{TP3} \text{sign} \Delta\omega_3 \\
J_4 p \Delta\omega_4 = r(\Delta F_{H4} - \Delta F_{H5}) - M_{TP4} \text{sign} \Delta\omega_4 \\
J_5 p \Delta\omega_5 = r(\Delta F_{H5} - \Delta F_{H6}) - M_{TP5} \text{sign} \Delta\omega_5 \\
m_{3B} p \Delta V_{3B} = \Delta F_{H4} - \Delta F_B + \Delta F_{H5} \\
m_{\Pi} p \Delta V_{\Pi} = -\Delta F_{H1} - \Delta F_{H2}
\end{array} \right. \quad (2)$$

где C_1, C_2, C_3, C_4 – коэффициенты жесткости соответственно первого (второго), третьего, четвертого (пятого) участков троса;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – коэффициенты внутреннего демпфирования соответственно первого (второго), третьего, четвертого (пятого) участков троса;

$J_1 = J_2 = J_3 = J_4 = J_5$ – моменты инерции блоков, где индекс означает номер блока;

J – суммарный момент инерции второго блока и всех вращающихся частей привода, приведенный к валу блока;

ΔM – приращение вращательного момента электропривод;

$M_{TP1}, M_{TP3}, M_{TP4}, M_{TP5}$ – моменты сухого трения в блоках, где индекс означает номер блока;

M_{TP} – сумма момента сухого трения второго блока и момента сухого трения двигателя редуктора, приведенного к валу второго блока.

На основании системы уравнений (2) составлена структурная схема механической части ОР с учетом сухого трения в блоках трособлочной системы (рисунок 6).

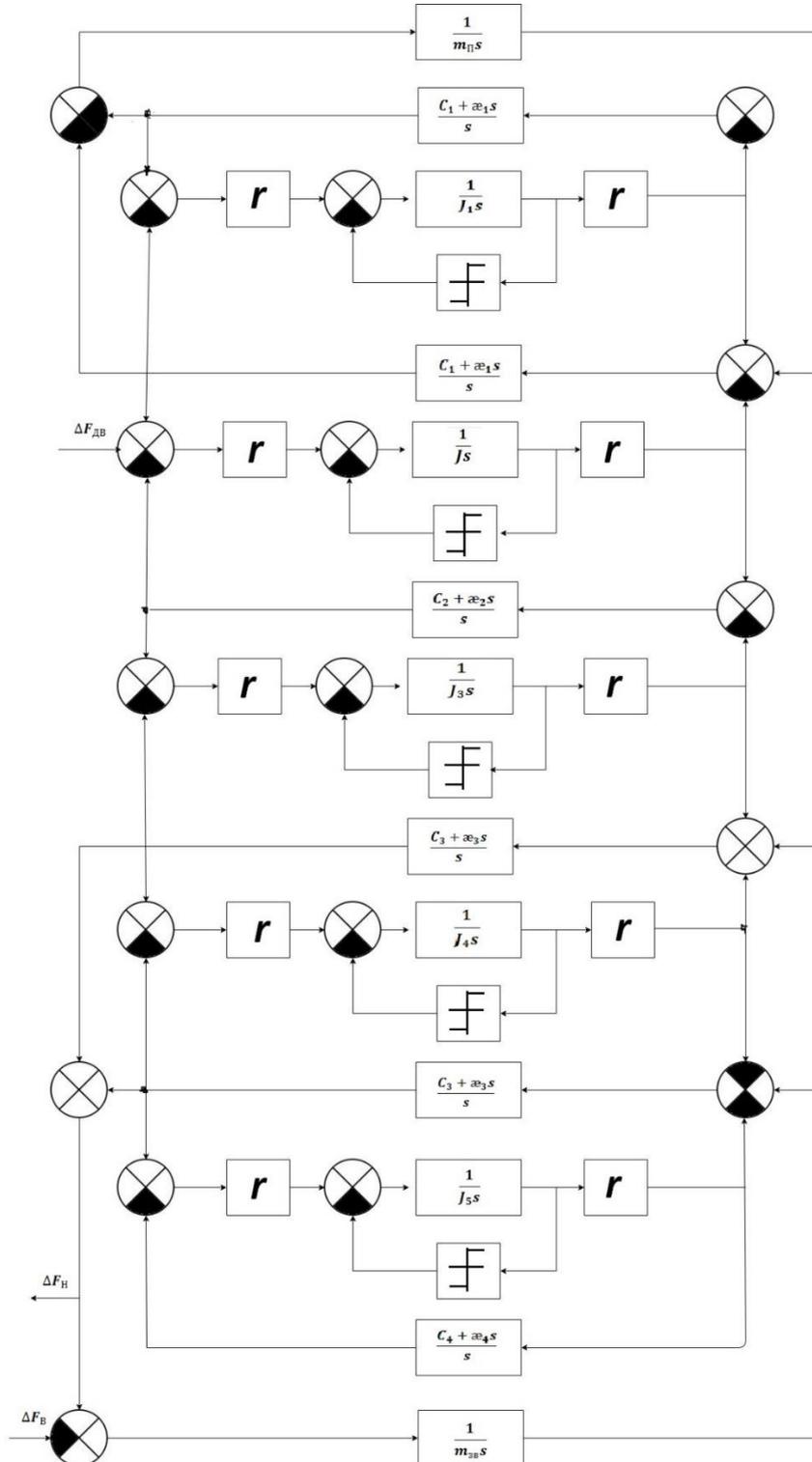


Рисунок 6 – Структурная схема механической части ОР

1.3 Преобразование модели объекта регулирования с учетом малой инерционности блоков

Моменты инерции блоков $\Delta J_i, i = \overline{1,5}$ относительно осей вращения, где действует сухое трение, являются малыми параметрами ОР по сравнению с моментом инерции двигателя с редуктором. Малость J_i - одно из требований при проектировании автоматических систем сбалансированного манипулятора.

Введем в рассмотрение относительный коэффициент демпфирования собственных колебаний троса $\delta = \alpha_j / C_j$.

На основании экспериментальных исследований троса установлено, что δ имеет порядок 10^{-3} (с), поэтому коэффициент δ также может быть отнесен к малым параметрам и при расчетах может не учитываться.

Преобразуя уравнения системы (2) с учетом того, что $J_1 = J_2 = J_3 = J_4 = J_5 = 0, \alpha_j = \delta C_j = 0, j = \overline{1,5}$, получим новую систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l}
\Delta F_{H1} = \frac{C_1}{p} (\Delta V_{\Pi} - r\Delta\omega_1) \\
\Delta F_{H2} = \frac{C_1}{p} (\Delta V_{\Pi} + (\Delta\omega_1 - \Delta\omega_2)r) \\
\Delta F_{H3} = \frac{C_2}{p} (\Delta\omega_2 - \Delta\omega_3)r \\
\Delta F_{H4} = \frac{C_3}{p} (\Delta V_{3B} + r(\Delta\omega_4 + \Delta\omega_3)) \\
\Delta F_{H5} = \frac{C_3}{p} (\Delta V_{3B} + r(\Delta\omega_4 + \Delta\omega_3)) \\
\Delta F_{H6} = \frac{C_4}{p} r\Delta\omega_5 \\
\Delta V_{3B} = \frac{1}{m_{3B}p} (\Delta F_{H4} - \Delta F_B + \Delta F_{H5}) \\
\Delta V_{\Pi} = \frac{1}{m_{\Pi}p} (-\Delta F_{H1} - \Delta F_{H2}) \\
\Delta\omega_1 = \frac{P}{2C_1r^2} \left(\frac{C_1r^2}{p} \Delta\omega_2 - M_{TP1} \text{sign}\Delta\omega_1 \right) \\
\Delta\omega_2 = \frac{1}{Jp} ((\Delta F_{H2} - \Delta F_{H3})r + \Delta M - M_{TP} \text{sign}\Delta\omega_2) \\
\Delta\omega_3 = \frac{p}{(C_2+C_3)r^2} \left(\frac{C_2r^2}{p} \Delta\omega_2 - \frac{C_3r^2}{p} \Delta\omega_4 - \frac{C_3r}{p} \Delta V_{3B} - M_{TP3} \text{sign}\Delta\omega_3 \right) \\
\omega_4 = \frac{-P}{2C_3r^2} \left(\frac{C_3r^2}{p} (\Delta\omega_3 + \Delta\omega_5) - M_{TP4} \text{sign}\Delta\omega_4 \right) \\
\Delta\omega_5 = \frac{p}{(C_3+C_4)r^2} \left(\frac{C_3r^2}{p} \Delta V_{3B} - \frac{C_3r^2}{p} \Delta\omega_4 - M_{TP5} \text{sign}\Delta\omega_5 \right)
\end{array} \right. \quad (3)$$

На основании системы уравнений (3) структурная схема механической части ОР преобразуется к виду, показанному на рисунке 7.

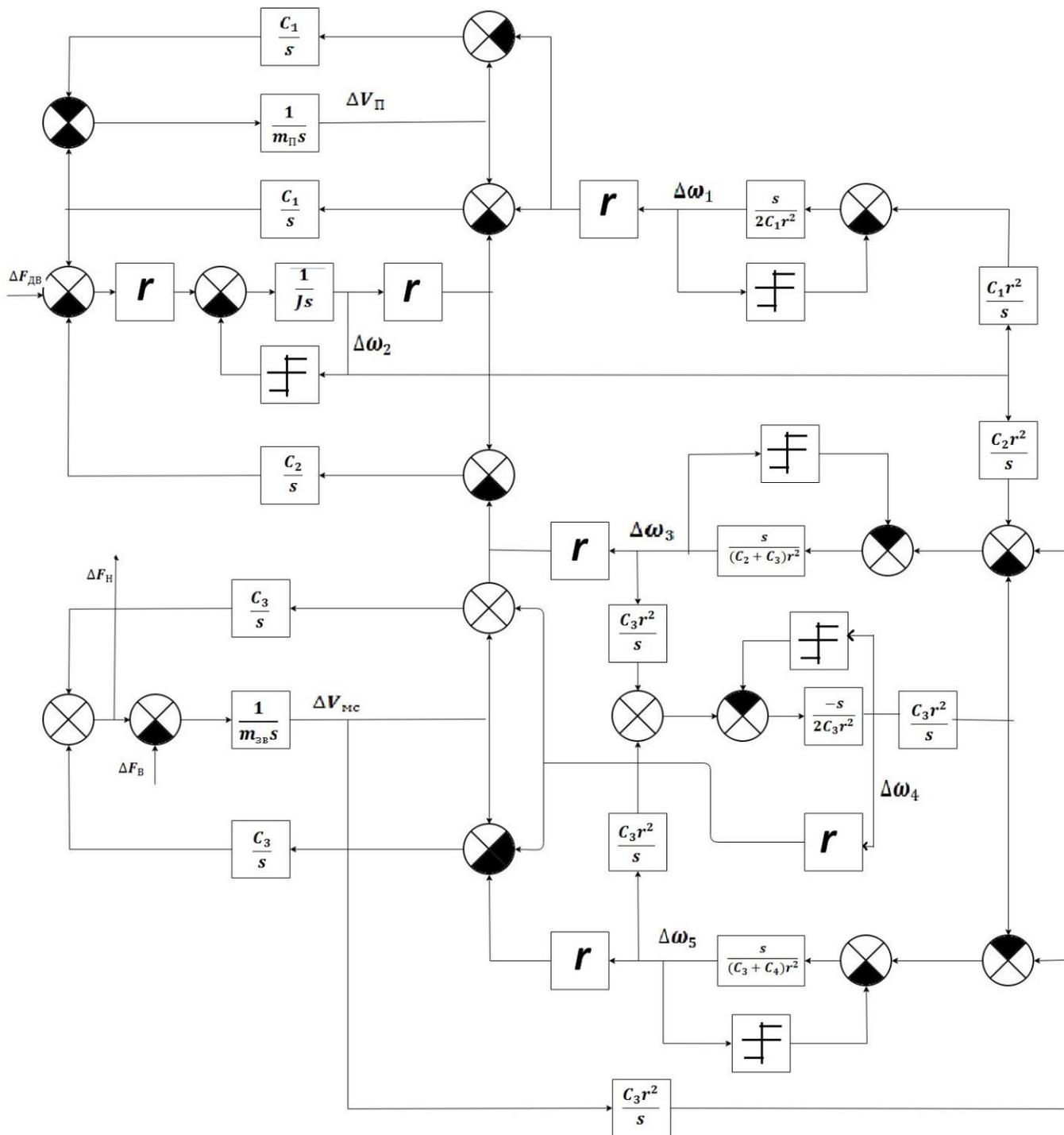


Рисунок 7 – Структурная схема ОР при $J_6 = 0$, $\alpha = 0$

В приведенной на рисунке 7 структурной схеме присутствуют пять нелинейных блоков с релейной характеристикой сухого трения. Использование такой модели сухого трения при анализе и синтезе системы может привести не только к количественным, но и к качественно неверным результатам. Это объясняется тем, что в релейной характеристике величина

сухого трения неопределена в нуле (может принимать любые значения из диапазона $[-M_{TP\ max}; +M_{TP\ min}]$). Именно поэтому принято считать, что релейная характеристика сухого трения применима только тогда, когда движение элемента с сухим трением неререверсивно и происходит без остановок, то есть когда управляющий момент постоянно превышает момент сухого трения [5].

Однако при работе СМ возможны случаи, когда грузы большой массы совершают реверсивные движения (подъем - опускание) в режиме малых «ползучих» скоростей. Поэтому необходимо преобразовать модель ОР на рисунок 7 таким образом, чтобы она максимально учитывала влияние сухого трения трособлочной системы в любых режимах работы системы силовой разгрузки.

Для этого рассмотрим вначале сухое трение приводного блока. На рисунке 7 оно учтено релейной обратной связью, охватывающей интегрирующее звено, которое моделирует инерционность электропривода. Данную структуру можно привести к последовательному соединению релейного β -звена того же интегрирующего момента и момента сухого трения.

У релейного β -звена возможны два режима: релейный и релейно-скользящий. Их характеристики соответственно приведены на рисунке 8. В обоих режимах β -звено обладает форсирующими свойствами, так как имеет положительные петли гистерезиса. Из характеристики видно, что в релейном режиме (когда вращающий момент значительно превышает сухое трение) вращение второго блока происходит без остановок. Релейно-скользящий режим (при незначительном превышении вращающим моментом момента сухого трения) характеризуется наличием остановок второго блока.

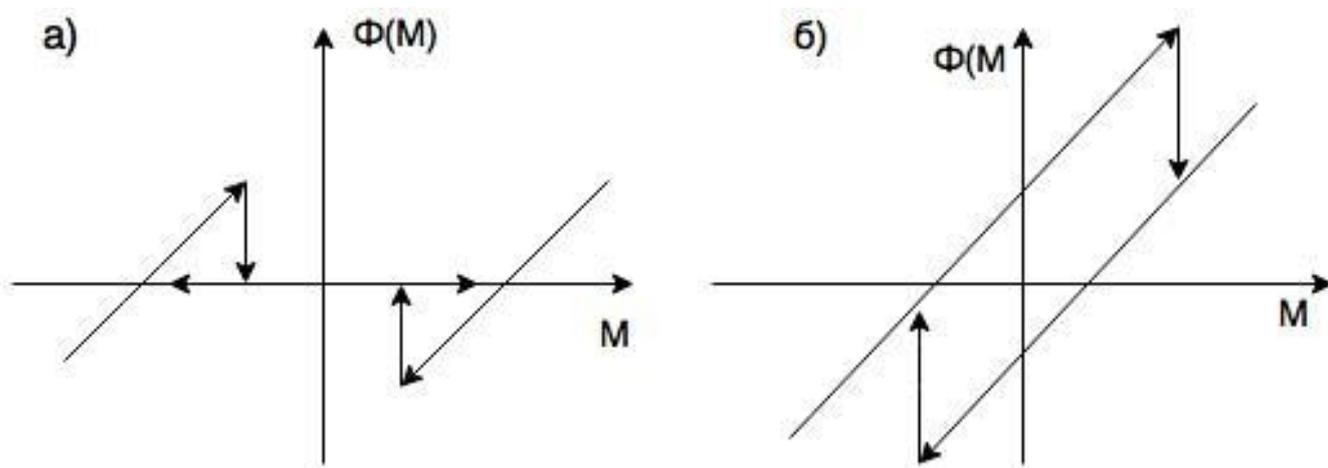


Рисунок 8 – Характеристики β -звена: а) релейно-скользящая, б) релейная

Другими элементами, к которым приложено сухое трение, являются безынерционные пассивные блоки трособлочной системы. На рисунке 7 их модели состоят из дифференцирующих звеньев, охваченных обратными связями с релейными характеристиками сухого трения. На основании правила структурного преобразования нелинейных систем каждая из данных структур приводится к эквивалентному последовательному соединению нелинейности типа «люфт» и дифференцирующего звена. Заметим, что ширина люфта определяется моментом сухого трения в блоке. В знаменатель передаточной функции каждого дифференцирующего звена входит сумма коэффициентов жесткости двух участков троса, с которыми взаимодействует блок [6].

Для подтверждения правомерности замены звена сухого трения на последовательное соединение «люфта» и дифференцирующего звена проведем сравнение их переходных характеристик при подаче на вход одного и того же сигнала. Модели звеньев, построенные в ППК MATLAB Simulink, представлены на рисунке 9, а их переходные процессы на рисунках 10 и 11. Сходство переходных процессов подтверждает правомерность замены сухого трения на «люфт».

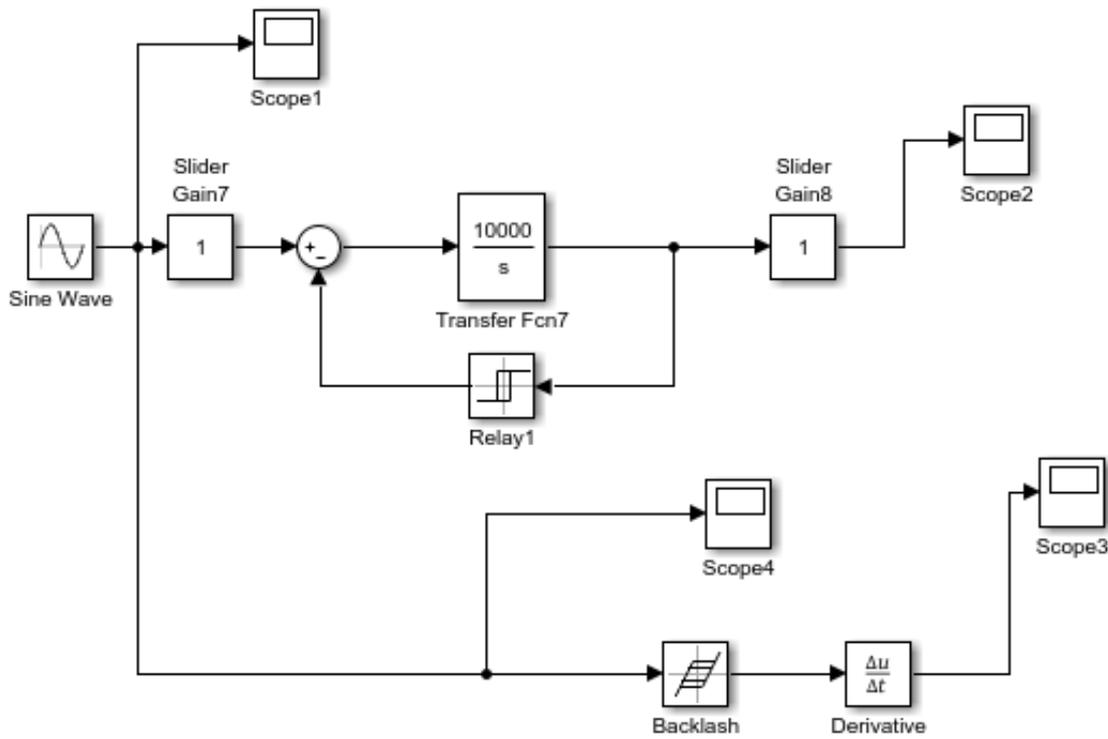


Рисунок 9 – Модели звена сухого трения и звена с «люфтом» в ППК
MATLAB Simulink

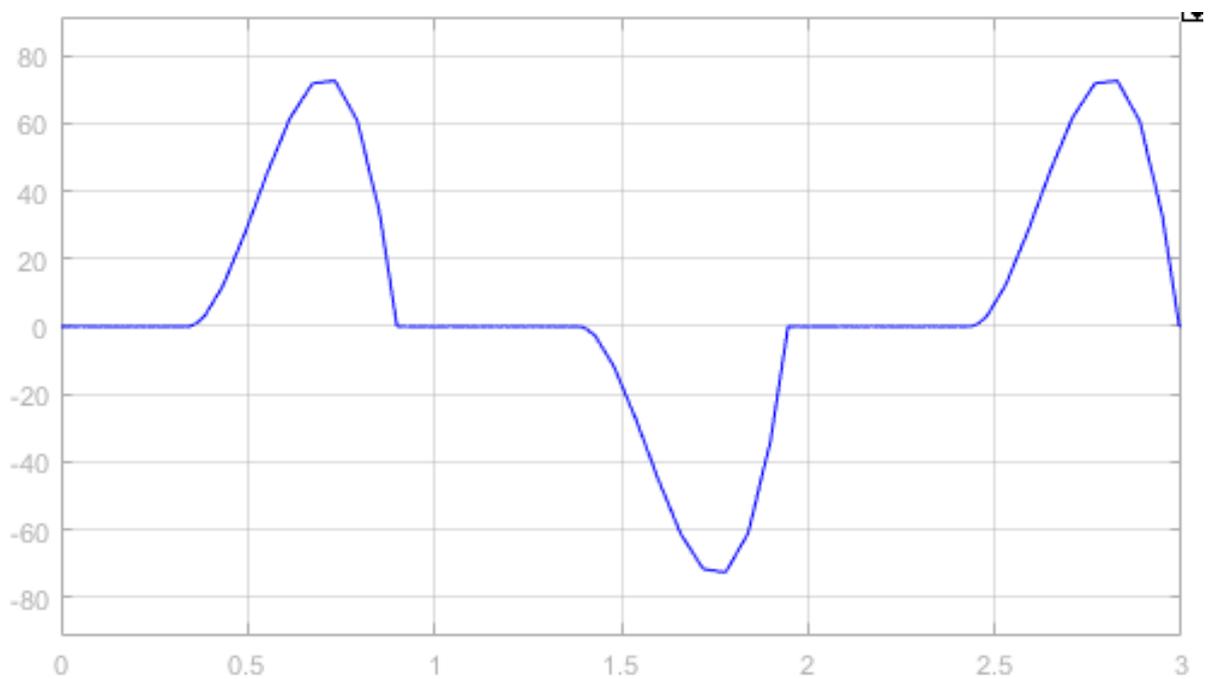


Рисунок 10 – Переходный процесс звена сухого трения

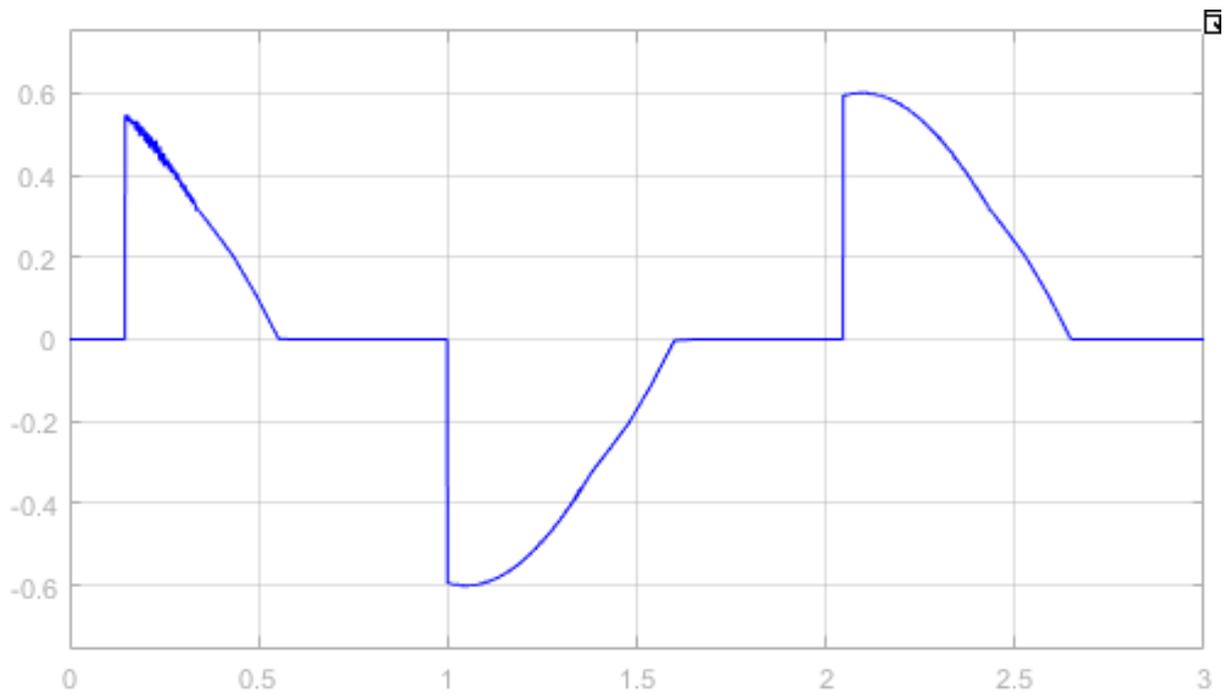


Рисунок 11 – Переходный процесс звена с «люфтом»

В результате проведенных преобразований моделей звеньев с сухим трением структурная схема механической части ОР будет иметь вид, показанный на рисунке 12. Данная модель может быть использована для анализа влияния сухого трения на точность и качество работы системы силовой разгрузки СМ, а также при разработке способов компенсации отрицательного влияния сухого трения.

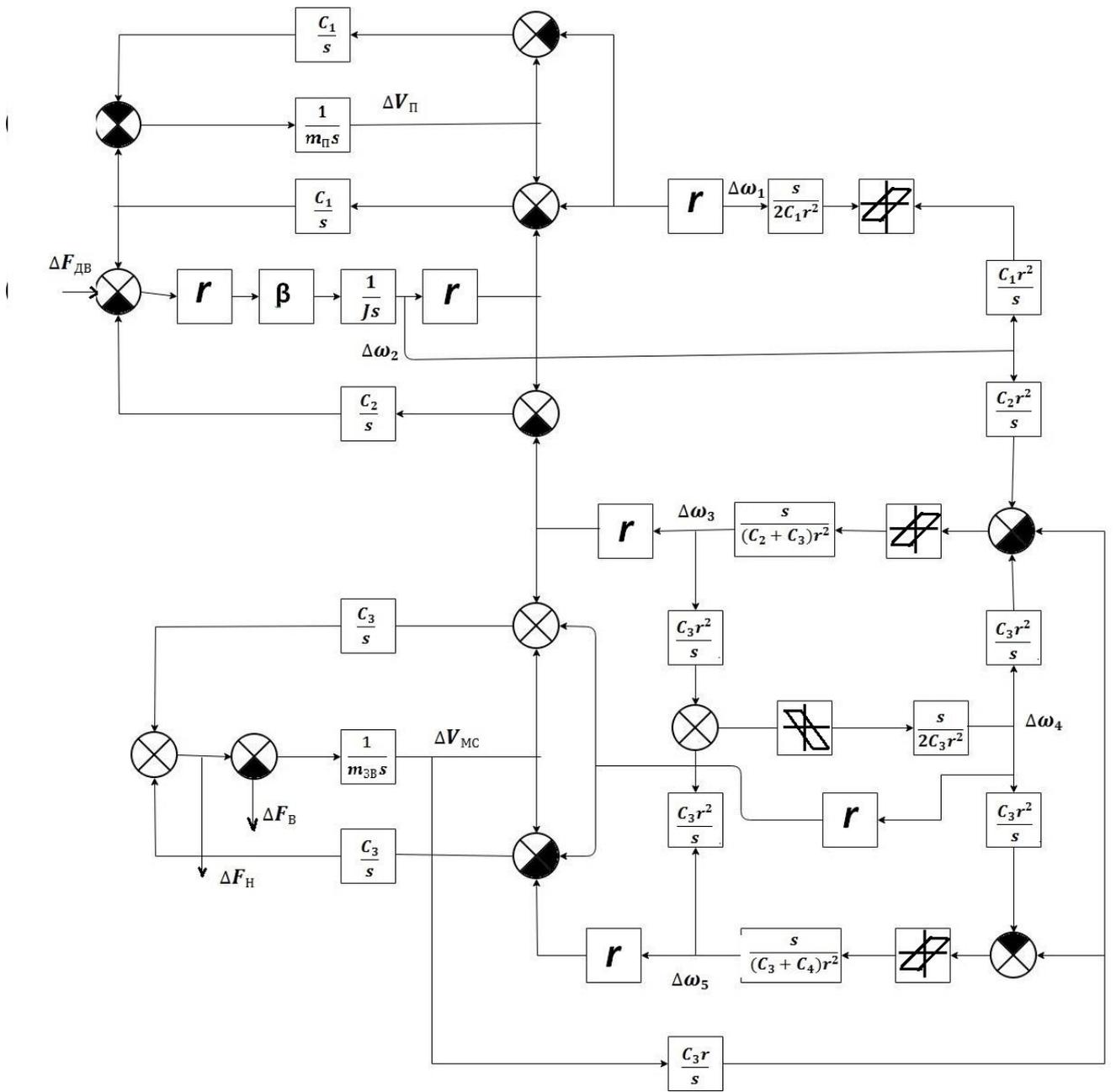


Рисунок 12 – Преобразованная структурная схема механической части

ОР

2. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СУХОГО ТРЕНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ СИЛОВОЙ РАЗГРУЗКИ

При определенных допущениях может быть получена модель ОР (рисунок 9), согласно которой действие сухого трения в приводном блоке эквивалентно действию релейного β -звена, а действие сухого трения в остальных блоках эквивалентно действию люфтов. Анализ данной модели ОР позволяет утверждать:

– сухое трение в блоках отрицательно влияет на точность системы, поскольку β -звено, и элемент типа «люфт» имеют зоны нечувствительности;

– сухое трение в приводном блоке благоприятно влияет на устойчивость системы, так как моделирующее его β -звено имеет фазопережающие характеристики (рисунок 8);

– сухое трение в пассивных блоках отрицательно влияет на устойчивость, поскольку моделирующее его звено типа «люфт» имеет фазоотстающую характеристику.

Для подтверждения данных выводов построим переходные характеристики системы силовой разгрузки без учета и с учетом сухого трения в блоках трособлочной системы.

Модель ССР без учета сухого трения в блоках, полученная в ППК MATLAB Simulink, изображена на рисунке 13. На рисунке 14 представлен переходный процесс в системе силовой разгрузки без учета сухого трения в блоках. Из рисунка можно сделать вывод, что переходный процесс колебательный и быстро затухающий [9].

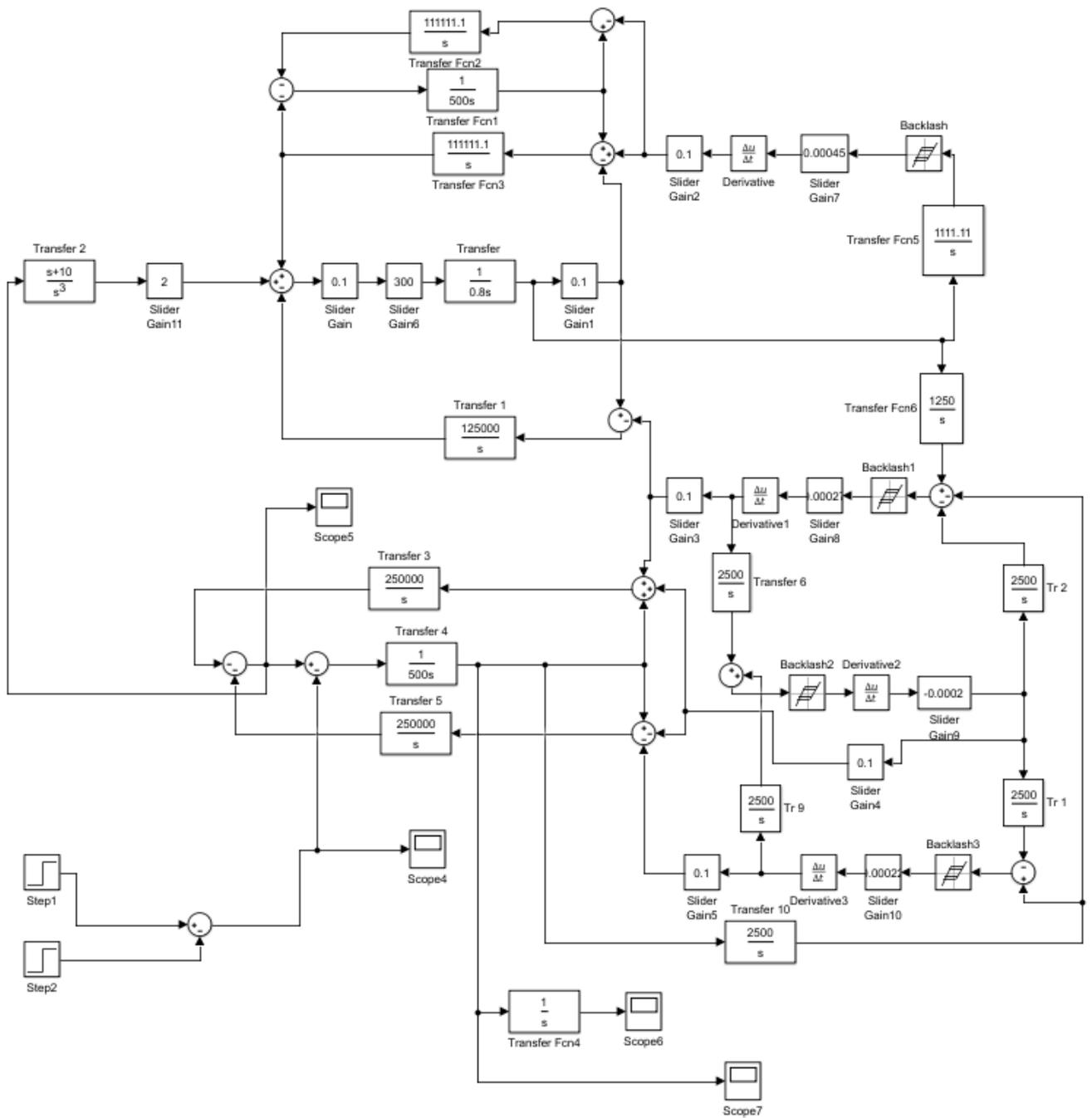


Рисунок 15 – Модель ССР с учетом сухого трения в блоках в ППК MATLAB Simulink

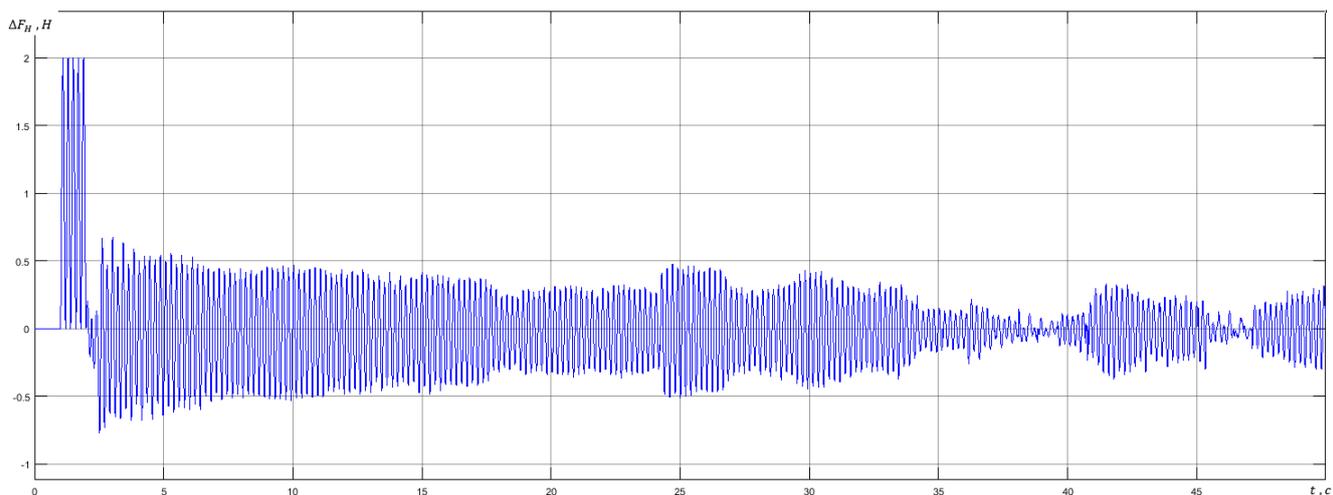


Рисунок 16 – Переходный процесс в ССР с учетом сухого трения в блоках

В обоих случаях переходный процесс по силе натяжения троса стремится к нулю, что говорит о работоспособности системы силовой разгрузки.

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

В современном мире ценность образования специалиста во многом зависит от того, насколько его знания необходимы предприятию. Особенно ценятся специалисты, которые могут не только разработать технические и технологические решения, но и экономически обосновать их в соответствии с запросами рынка. Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Данный раздел выпускной квалификационной работы включает в себя оценку коммерческого потенциала создания проекта – автономной подвижной колесной платформы-робота, предназначенной для транспортировки небольших предметов. В данной части происходит определение возможных альтернатив разработки проекта, которые будут отвечать требованиям финансовой и ресурсной эффективности.

При анализе динамических свойств трособлочной системы с учетом сухого трения в блоках оптимально запланировано занятие каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Конечным продуктом анализа является опытный образец устройства. Поэтому в разделе произведен учет материальных затрат на изготовление полученной трособлочной системы, снабженной перемещаемым грузом, грузом-противовесом, тросами, электроприводом и датчиком натяжения.

В разделе представлен анализ готового к реализации проекта, а также оценка альтернативных решений создания проекта. Также произведен расчет ресурсной и финансовой эффективности исследования.

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

3.1.1 Потенциальные конкуренты для результатов исследования

Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Объектом разработки является трособлочная система силовой разгрузки с учетом сухого трения, перемещающая грузы. Группу потребителей могут составить предприятия, где требуется промежуточная транспортировка в технологическом процессе какого-либо производства; либо центры молодежного инновационного творчества, где устройство может применяться в качестве робототехнического конструктора. Сегментирование рынка произведено по следующим критериям: размер компании-заказчика и вид компании.

Таблица 3.1 - Карта сегментирования

Критерий		Вид компании	
		Автоматизированное производство	Детские кружки по робототехнике
Размер компании	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		



Рисунок 17 – Карта сегментирования услуг по разработке колесных роботов

На карте сегментирования незанятыми являются ниши разработки роботов для мелких компаний в автоматизированных производствах и детских кружках, а также для средних кружков по робототехнике. В соответствии с картой сегментирования, в качестве сегментов, на которые следует направить максимальные усилия и ресурсы, выбраны следующие сегменты: разработка конструкторов для средних и мелких детских кружков по робототехнике; разработка транспортных платформ для некрупных автоматизированных производств.

3.1.2 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.

Анализ приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Показатели оценки качества разработки							
Энергоэффективность	0,1	3,5	4,0	3,0	0,4	0,4	0,3
Помехоустойчивость	0,05	3,8	1,5	2,0	0,2	0,1	0,1
Надежность	0,1	4,0	4,5	3,5	0,4	0,5	0,4
Унифицированность	0,1	2,5	1,0	3,0	0,3	0,1	0,3
Уровень материалоемкой разработки	0,05	3,0	1,0	1,5	0,2	0,1	0,1
Уровень шума	0,05	3,3	3,0	2,5	0,2	0,2	0,1
Безопасность	0,1	3,0	3,5	4,5	0,3	0,4	0,5

Потребность в ресурсах памяти	0,05	4,5	2,5	3,5	0,2	0,1	0,2
Функциональная мощность	0,1	2,5	3,0	3,0	0,3	0,3	0,3
Простота эксплуатации	0,1	3,5	1,5	2,5	0,4	0,2	0,3
Качество интеллектуального интерфейса	0,1	3,0	3,5	2,5	0,3	0,4	0,3
Возможность подключения к ЭВМ	0,1	3,5	3,5	3,0	0,4	0,4	0,3
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки							
Конкурентоспособность	0,1	1,5	2,5	3,0	0,15	0,25	0,30
Уровень проникновения на рынок	0,1	0,5	3,0	1,0	0,05	0,30	0,10
Перспективность рынка	0,2	4,0	4,0	4,0	0,80	0,80	0,80
Цена	0,1	3,0	1,5	2,5	0,30	0,15	0,25
Послепродажное обслуживание	0,1	3,5	2,0	1,5	0,35	0,20	0,15
Финансовая эффективность	0,2	3,3	2,5	3,5	0,65	0,50	0,70
Срок выхода на рынок	0,1	1,5	3,5	2,5	0,15	0,35	0,25
Наличие сертификации разработки	0,1	0,5	2,0	3,0	0,05	0,20	0,30
Итого	1						

Слабыми сторонами проекта являются низкий уровень проникновения на рынок и отложенный срок выхода на него. Сравнительно низкий показатель безопасности обусловлен тем, что установка не доработана.

В то же время, продукт удовлетворяет таким показателям, как энергоэффективность, материалоемкость и простота обслуживания. Таким образом, продукт является конкурентоспособным в условиях существующего рынка.

3.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внутренней и внешней среды проекта был проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта – SWOT-анализ. Итоговая матрица SWOT-анализа, полученная в результате реализации всех этапов исследования, приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Относительно низкая квалифицированность персонала.
	С2. Простота эксплуатации и обслуживания. С3. Наличие прототипа разработки. С4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. С5. Модульная структура системы.	Сл2. Недостаточная проработка человекомашинного интерфейса. Сл3. Незавершенность проекта (находится в стадии разработки). Сл4. Отсутствие средств для реализации. Сл5. Ограниченный функционал устройства.
Возможности: В1. Повышение стоимости разработок конкурентов. В2. Повышение доступности необходимых элементов. В3. Повышенный интерес пользователей к робототехнике. В4. Тенденция к использованию микроконтроллерных устройств. В5. Тенденция развития технологий беспилотных устройств.	В1С1С4С5 – проведение рекламной компании для детских робототехнических кружков. В4С5 – модульная структура позволяет применять различные микроконтроллерные устройства.	Сл1Сл4В1 – привлечение внешнего финансирования (в т.ч. оформление заявок на молодежные гранты). Сл2Сл3Сл4Сл5В3 – проведение мероприятий по повышению квалификации разработчика.

<p>Угрозы: У1. Большой срок поставки оборудования, необходимого для проведения научного исследования. У2. Несвоевременное финансирование научного исследования. У3. Дифференциация в области политики поставщиков. У4. Увеличение срока выхода на рынок при неудовлетворительных результатах испытаний. У5. Создание более совершенных микроконтроллеров.</p>	<p>У1С3С4 – использование инновационной структуры ТПУ, можно применять имеющиеся элементы электроники для расширения проекта. У5С1С3С5 – модульная структура установки позволит заменить устаревший микроконтроллер на новый.</p>	<p>У1Сл3 – учет параллельных процессов в проекте сократит ожидание поставки материалов. У2Сл3Сл4 – привлечение инвесторов в проект поможет минимизировать влияние несвоевременности финансирования со стороны образовательного учреждения.</p>
---	---	--

Вторым этапом является выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого составляются интерактивные матрицы.

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	0	-	+	+
	В2	+	+	-	-	+
	В3	-	-	0	-	-
	В4	0	0	-	-	+
	В5	0	-	-	-	-
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	+	-	-	+	-
	В2	0	-	-	+	-
	В3	-	+	+	+	+
	В4	-	+	0	0	-
	В5	+	0	-	-	-
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	0	-	+	-	0

	У2	+	-	-	0	-
	У3	+	+	-	-	-
	У4	-	+	+	-	-
	У5	+	-	+	-	+
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	+	0	-
	У2	-	-	+	+	-
	У3	-	-	+	0	-
	У4	+	+	-	-	0
	У5	0	-	+	-	+

Таким образом, сильные стороны проекта удовлетворяют его возможностям. Невысокая стоимость проекта, его простота и модульность позволяют использовать практически все возможности для развития исследований. Однако, слабые стороны проекта в сочетании с внешними угрозами ставят под вопрос будущее развитие проекта. Для их минимизации необходимо повысить уровень квалификации разработчиков, а также найти альтернативные пути приобретения элементов для устройства, возможно, отечественных производителей.

3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Вышеизложенный метод анализа предложенного технического решения ориентирован на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания прототипа. Однако, для анализа возможных альтернатив построения объекта можно использовать и другой метод – морфологический.

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей морфологии объекта исследования. Путем комбинирования вариантов

получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Для определения таких альтернатив используется морфологическая матрица. Для ее построения были выделены следующие морфологические характеристики: груз, датчик и электродвигатель.

Таблица 3.5 – Морфологическая матрица альтернативных решений

Варианты исполнения	1	2	3
А. Груз	Груз – противовес для больших масс	Груз – противовес для малых масс	Без груза
Б. Датчик	Датчик натяжения А203	Тензодатчик SCEB-A	Без датчика
В. Электродвигатель	Электродвигатель серии АИР	Электродвигатель серии АИРС	Без электродвигателя

Возможными комбинациями являются следующие варианты.

А1Б1В1 – Груз – противовес для больших масс, датчик натяжения А203 и электродвигатель АИР. Существующий вариант, наиболее эффективнее и экономичнее с точки зрения разработчика.

А1Б2В2 – Груз – противовес для больших масс, тензодатчик SCEB-A и электродвигатель серии АИРС В данном варианте исполнения тензодатчик SCEB-A и электродвигатель серии АИРС имеют недостаток в виде высокой стоимости продуктов, поэтому в целях доступности системы для потребителя пришлось отказаться от данного варианта.

А2Б1В1 – Груз – противовес для малых масс, датчик натяжения А203 и электродвигатель АИР. В данном варианте исполнения возможно перемещение грузов лишь с малой массой. Но для работы системы нам необходимо перемещать грузы с большой массой, поэтому, с учетом цели создания системы, этот вариант не подлежит анализу.

3.3 Планирование научно-исследовательских работ

3.3.1 Составление перечня работ

Для расчета трудоемкости данной исследовательской работы составляется полный перечень проводимых работ, и определяются их исполнители и оптимальная продолжительность работы. 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 3.6.

Таблица 3.6 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 15%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 40% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 20%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30%, И – 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 100% , И – 75%
Расчет принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Составление и согласование расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

3.3.2 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

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

- аналоговый;
- вероятностный.

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

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

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице 3.7 работ требуются специалисты:

- инженер;
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ведется по формуле:

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

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

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

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{Д} = 1.2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

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

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

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

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

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

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

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

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

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22$$

В таблице 3.7 –Трудовзатраты на выполнение проекта.

Этап	Исполн и-тели	Продолжитель- ность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	И	НР	И
Постановка целей и задач	НР	2	4	2,8	3,36	–	4,1	–
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,43	3,5	0,5
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	12	15	13,2	15,84	6,34	19,3	7,7
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,67	4,1	0,8
Обсуждение литературы	НР, И	3	6	4,2	5,04	1,52	6,2	1,9
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	7	14	9,8	11,76	8,82	14,3	10,8

Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	6	9	7,2	8,64	6,9	10,5	8,4	
Расчет принципиальной схемы устройства	И	8	14	10,4	-	12,48	-	15,2	
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	6	9	7,2	-	8,64	-	10,6	
Оформление графического материала	И	5	6	5,4	-	6,48	-	8	
Подведение итогов	НР, И	5	8	6,2	7,44	4,64	9,1	5,7	
Итого:					71,6	58,32	56,92	71,1	69,6

Ожидаемое время выполнения работ по разработке методики аттестации составляет 71,6 дня.

Таблица 3.8 – Линейный график работ

Этап	НИ	И	март			апрель			май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	4,05	-	■										
2	3,5	0,5	■	■									
3	19,0 9	7,64		■	■								
4	4,05	0,81			■								
5	6,07	1,82				■	■						
6	14,2	10,6 5					■	■					
7	10,4	8,32						■	■				
8	-	15,0 3							■	■			
9	-	10,4								■	■		
10	-	7,8									■	■	
11	8,9	5,34										■	■

НР – ■ ; И – ■

3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 3.9 сведены данные о материальных затратах на научное исследование.

Таблица 3.9 – Материальные затраты

Вид исполнения	Наименование материалов	Цена за ед., руб	Количество	Сумма, руб.
А1Б1В1 (исп. 1)	Перемещаемый груз	2000	1	2000
	Груз - противовес	2000	1	2000
	Трос	3000	2	6000
	Датчик натяжения А203	5000	1	5000
	Электродвигатель	10000	1	10000

	АИР			
	Итого:			25000
А1Б2В2 (исп. 2)	Перемещаемый груз	2000	1	2000
	Груз - противовес	2000	1	2000
	Трос	3000	2	6000
	Тензодатчик датчик SCEB - А	7000	1	7000
	Электродвигатель АИРС	15000	1	15000
	Итого:			32000

3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной техники, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Расчет по приобретению спецоборудования включены в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Расчет бюджета на приобретение спецоборудования

Наименование	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Персональный компьютер	20 000	1	20 000
Итого:			20 000

Приказом Минфина РФ от 1 декабря 2010 г. №157 утверждена Инструкция по применению единого плана счетов бухгалтерского учета, согласно которой основные средства в пределах 40 000 р. не относятся к основным средствам, при этом амортизацию можно не начислять.

3.4.3 Расчет основной заработной платы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} ,$$

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

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

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p ,$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} ,$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 3.11.

Таблица 3.11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (праздники/выходные)	66	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	50	60
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	239

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Месячный должностной оклад работников Томского политехнического университета указан в «Таблице окладов ППС и НС» ТПУ.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 3.12.

Таблица 3.12 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$ руб	k_n	k_∂	k_p	Z_M	$Z_{дн}$	F_D	T_P	$Z_{доп}$	$Z_{Осн}$
Руководитель	22052	0,3	0,4	1,3	48735	2573	197	59	19735	151807
Мл. науч. Сотрудник	14099	0,3	0,4	1,3	31159	1733	187	57	12842	98781
Итого:									32577	250588

3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн},$$

где $K_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимается равным 0,13. Расчеты дополнительной заработной платы включены в таблицу 5.12.

3.4.5 Отчисление во внебюджетные фонды

В данной статье отражаются обязательные отчисления по установленным законодательствам Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет отчислений приведен в таблице 3.13.

Таблица 3.13 - Расчет размеров отчислений во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная з/п, руб.	Дополнительная з/п, руб.	Коэффициент отчислений	Итого для каждого	Итого
Руководитель	151 807	19 735	0,271	46 488	76 735
Студент	98 781	12 842		30 250	

3.4.6 Прочие расходы

Прочие 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 в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Прочие расходы

Наименование	Количество	Стоимость
Бумага, формат А4	1 шт.	200 руб.
Канцтовары	5 шт.	150 руб.
Электроэнергия	1160 кВт	1740 руб.
Интернет	4 мес.	600 руб.
Итого		2690 руб.

3.4.7 Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при

формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции

Определение бюджета затрат приведено в таблице 3.15.

Таблица 3.15 - Расчет бюджета НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Исп. 1	Исп. 2
Материальные затраты НИИ	25000	32000
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	20000	20000
Затраты по основной заработной плате исполнителей	250 588	250 588
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	32 577	32 577
Отчисления во внебюджетные фонды	76 735	76 738
Прочие расходы	2690	2690
Бюджет затрат НИИ	407 593	414 593

3.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального финансового показателя, определяемого по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

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

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

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

Полученные данные приведены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 - Расчет интегрального финансового показателя

Вариант исполнения	Φ_{max}	Φ_{pi}	$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$
Исп. 1	414 593	407 593	0,98
Исп. 2		414 593	1

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент для i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Сравнительный анализ приведен в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Сравнительный анализ

Критерии	Весовой коэффициент	Исп. 1	Исп. 2
Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5
Удобство в эксплуатации	0,2	5	4
Энергосбережение	0,25	3	3
Надежность	0,25	4	3
Помехоустойчивость	0,2	4	4
Итого	1		

$$I_{p1} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,05$$

$$I_{p2} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 3 + 0,25 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 = 3,6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп}} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}}$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 3.18.

Таблица 3.18 - Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный финансовый менеджмент	0,98	1
Интегральные показатели ресурсоэффективности	4,05	3,6
Интегральный показатель эффективности	4,13	3,6

Исходя из полученных данных сравнения финансовой и ресурсной эффективности различных вариантов исполнения, несколько более эффективным является первый вариант исполнения.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) ICCSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Введение

Объектом исследования является моделирование системы.

При анализе динамических свойств трособлочной системы силовой разгрузки с учетом сухого трения в блоках 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 трособлочной системы силовой разгрузки с учетом сухого трения в блоках.

4.1 Профессиональная социальная безопасность

4.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Согласно номенклатуре, опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-74 делятся на следующие группы [19]:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Опасные и вредные факторы при исследовании ИПП

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Персональный компьютер	<ul style="list-style-type: none"> - Параметры микроклимата; - освещенность рабочего места; - шум на рабочем месте; - напряженность магнитного поля; - электромагнитное поле. 	Электрический ток.	ГОСТ 12.0.003-74; СанПиН 2.2.4-548-96; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03; ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья человека, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

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

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) работу с персональным компьютером отнесла к опасным, потому что ей присущ фактор постоянно действующего стресса. Из-за этого опасности подвергаются все жизненно важные органы человека, появляется риск возникновения серьезных проблем.

Многие пользователи ПК связаны с воздействием таких психофизических факторов, как умственное перенапряжение, перенапряжение зрительных и слуховых анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки. Воздействие указанных неблагоприятных факторов приводит к снижению работоспособности, вызванное развивающимся утомлением. Появление и развитие утомления связано с изменениями, возникающими во время работы в центральной нервной системе, с тормозными процессами в коре головного мозга.

Негативное влияние оказывает длительное неизменное положение тела. Увлеченные работой мы не замечаем, что часами сидим в неудобной для нас позе. И только при появлении боли в шее или спине мы узнаем о появившихся у нас мышечно-скелетных нарушениях.

Компьютер при работе создает вокруг себя электромагнитное поле, которое обладает способностью биологического специфического и теплового воздействия на организм человека. За счет влияния электромагнитного поля на клетки и ткани человека происходят нарушения условно-рефлекторной деятельности, снижение активности мозга. Все это проявляется в головной боли, утомляемости, ухудшении самочувствия, гипотонии.

Нормативы на шум в офисном помещении при работе с ПК, уровни звука и эквивалентные уровни звука, 50 ДБА, в результате анализа офиса сделала вывод, что все требования и нормативы выполняются.

В соответствии с допустимыми нормами, которые описаны выше, можно выработать средства коллективной защиты:

- установка ионизаторов воздуха с функциями анализа окружающей среды в офисе;
- в дневное время суток раскрывать окна для достаточного поступления света в помещение, если же в офисе отсутствует достаточное количество оконных проемов, то желательно иметь светлотеплую цветовую гамму в офисе;
- периодически проводить проветривание помещения, производить влажную уборку, а также при необходимости устанавливать увлажнители воздуха в помещении;
- для уменьшения воздействия электростатического поля на организм человека следует устанавливать антистатические поверхности на полу, закупка офисной мебели, которая не провоцирует статическое электричество;
- для предотвращения электромагнитного излучения следует устанавливать экранированное оборудование в офисе, использование экранированной проводки;
- для контроля над температурой окружающей среды следует устанавливать термостаты, и регулировать температуру в помещении согласно описанным выше нормам.

К индивидуальным средствам защиты можно отнести следующее:

- периодически останавливаться на отдых, давая глазам перерыв и время на отдых от перенапряжения, которое они испытывают в период работы с компьютером;
- периодически устраивать небольшую прогулку по офису или близлежащей территории, чтобы снизить уровень раздражительности и утомленности от постоянного нервного напряжения.

Освещенность на рабочем месте должна соответствовать гигиеническим нормам. Увеличение освещенности рабочей поверхности до определенного предела улучшает видимость объекта, увеличивает скорость различения предметов и повышает производительность труда. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа равна 300 - 500 лк.

Равномерному распределению яркости способствует светлая окраска потолка, стен, оборудования. Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях составляет не более 200 кд/м². Все описанные показатели соблюдают нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03.

Таким образом, в условиях современного интенсивного использования ЭВМ важное значение имеет изучение психофизиологических особенностей и возможностей человека с целью создания вычислительной техники, обеспечивающей максимальную производительность труда и сохранение здоровья людей. Игнорирование эргономики может привести к довольно серьезным последствиям.

При внедрении усовершенствованной системы управления технологическим процессом важную роль играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени оператора.

Основным документом, определяющим условия труда на персональных ЭВМ, являются «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Санитарные нормы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, которые были введены 30 июня 2003 года.

В Правилах указаны основные требования к помещениям, микроклимату, шуму и вибрации, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

Основным опасным фактором является опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, рабочее место по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности (согласно ПУЭ).

4.1.3 Микроклимат

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.

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха влияют на теплообмен и необходимо учитывать их комплексное воздействие. Нарушение теплообмена вызывает тепловую гипертермию, или перегрев.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), приведены в таблице 4.2, в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.4.548-96 [11].

Таблица 4.2 - Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Период года	Категория работы	Температура, С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	20-25	15-75	0,1
Теплый	Ia	21-28	15-75	0,1-0,2

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

В холодное время года предусматривается система отопления. Для отопления помещений используются водяные системы центрального отопления. При недостаточной эффективности центрального отопления должны быть использованы масляные электрические нагреватели.

4.1.3.1 Расчет системы кондиционирования помещения

В данном помещении запроектирована естественная вытяжная вентиляция, приток воздуха – неорганизованный.

Параметры микроклимата, при отоплении и вентиляции помещения (кроме помещений, для которых метеорологические условия установлены другими нормативными документами) следует принимать по ГОСТ 21.602—79 и СНиП 2.04.05-91. Для обеспечения данных метеорологических условий и поддержания чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещений (на постоянных и непостоянных рабочих местах): для теплого периода года в помещениях с избытками теплоты - температуру воздуха в пределах допустимых температур, но не более чем на 3°С для общественных и административно-бытовых помещений и не более чем на 4 °С для производственных помещений выше расчетной температуры наружного воздуха и не более максимально допустимых температур, а при отсутствии избытков теплоты - температуру воздуха в пределах допустимых температур, равную температуре наружного воздуха, но не менее минимально допустимых температур;

Расчет системы кондиционирования произведен для летнего периода времени, так как именно в летнее время существует избыток тепла.

Определим количество воздуха L м³/ч, которое необходимо вывести за один час из помещения, чтобы вместе с ним удалить избыток тепла по следующей формуле:

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{C_{\text{в}} \cdot t \cdot \gamma_{\text{в}}} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где $C_{\text{в}}$ – теплоемкость сухого воздуха, ккал/кг ($C_{\text{в}}=0,24$ ккал/кг град);

$t = t_{\text{вх}} - t_{\text{вх}}$ при расчетах возьмем $t=5^{\circ}\text{C}$;

$\gamma_{\text{в}}$ – плотность уходящего воздуха, определяемая в зависимости от температуры, кг/м³ (при расчетах принимается $\gamma_{\text{в}}=1,20$ кг/м³).

Определим избыточное тепло $Q_{\text{изб}}$ ккал/ч:

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{п}} - Q_{\text{от}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{п}}$ – количество тепла поступающего в воздух помещения, ккал/ч;

$Q_{\text{от}}$ – теплоотдача в окружающую среду через наружные ограждения (в теплое время года, при расчетах можно принять нулю).

Количество тепловыделений $Q_{\text{п}}$ зависит от мощности оборудования, числа работающих людей и тепла, которое вносится в помещение через оконные проемы:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{р}} + Q_{\text{оп}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{об}}$ – тепло, выделяемое производственным оборудованием, ккал/ч;

$Q_{\text{л}}$ – тепло выделяемое людьми, ккал/ч;

$Q_{\text{оп}}$ – тепло выделяемое осветительными приборами;

$Q_{\text{р}}$ – тепло, вносимое солнечной радиацией, ккал/ч.

Тепло, выделяемое производственным оборудованием в рабочем помещении, определяется из соотношения:

$$Q_{\text{об}} = 860 \cdot P_{\text{об}} \cdot n, \quad (4)$$

где 860 тепловой эквивалент 1 кВт·ч, то есть тепло, эквивалентное 1 кВт·ч электрической энергии;

$P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием (компьютеры, принтеры) $P_{\text{об}} = 0,8$ кВт;

n – коэффициент перехода тепла в помещение, $n=0,75$;

$$Q_{\text{об}} = 860 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 516 \text{ ккал/ч.}$$

Тепло, вносимое солнечной радиацией, определяется из соотношения:

$$Q_{\text{р}} = m \cdot F \cdot g_{\text{осн}}, \quad (5)$$

где m – количество окон в помещении;

F – площадь одного окна $F=6$ м²;

$g_{\text{ост}}$ – солнечная радиация через остекленную поверхность, то есть количество тепла, вносимое за 1ч через остекление площадью в 1 м².

$$Q_p = 1 \cdot 6 \cdot 145 = 870 \text{ ккал/ч.}$$

Тепло выделяемое людьми определяется:

$$Q_{\text{л}} = Q_{\text{ч}} \cdot n, \quad (6)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – количество тепла выделяемое одним человеком = 100Вт;

n – количество человек.

$$Q_{\text{л}} = 100 \cdot 4 = 400 \text{ ккал/ч.}$$

Тепло выделяемое осветительными приборами:

$$Q_{\text{оп}} = N \cdot N_{\text{оп}}, \quad (7)$$

где N – коэффициент, учитывающий количество энергии, переходящей в тепло $N=0,8$;

$N_{\text{оп}}$ – количество осветительных приборов.

$$Q_{\text{оп}} = 0,8 \cdot 4 \cdot 40 = 256 \text{ ккал/ч.}$$

Тогда тепловыделение составит:

$$Q_{\text{изб}} = 516 + 870 + 400 + 256 = 2042 \text{ ккал/ч.}$$

Таким образом, необходимый воздухообмен будет равен:

$$L = \frac{2042}{0,24 \cdot 5 \cdot 1,20} = 1418,05 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Отношение количества воздуха, поступающего в помещение за один час, к объему помещения называется кратностью воздухообмена:

$$K = \frac{L}{V_{\text{п}}}, \quad (8)$$

где $V_{\text{п}}$ – объем помещения $V_{\text{п}} = 105 \text{ м}^3$;

$$K = \frac{1418,05}{105} = 13,5 \text{ ч.}$$

Находим требуемую производительность кондиционера:

$$W_k = k_3 \cdot L, \quad (9)$$

где k_3 – коэффициент запаса, $k_3 = 1,3 \div 2,0$;

$$W_k = 1,7 \cdot 1418,05 = 2410,68 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Исходя из расчетов в помещение с оборудованием, для соблюдения требуемых параметров микроклимата следует установить один кондиционер с производительностью не менее 2410,68 м³/ч.

4.1.4 Освещение

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.

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. Оценка освещенности рабочей зоны проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [13].

На рабочем месте помимо естественного должно применяться также искусственное освещение, 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:

- люминесцентная 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 [13].

4.1.4.1 Расчет искусственного освещения

Задачей расчета является выполнение общего равномерного освещения помещения. Размеры помещения 5,5x7x4 м, потолок в лаборатории имеет светлую окраску, стены и пол - темную.

Способ размещения светильников в лаборатории - симметричный, это обеспечивает равномерное освещение оборудования и рабочих мест. Определяем отношение расстояния между светильниками α и высотой их подвеса h_c . В зависимости от типа светильника отношение α/h_c при расположении светильников прямоугольником может быть равным 1.4-2. При

$$h_c = 0.3 \text{ м}; a = 0.6 \text{ м} : a/h_c = 0.6/0.3 = 2.$$

Высота расположения светильника над рабочей поверхностью:

$$H_c = H - h_c - h_p$$

где H - общая высота помещения, м;

h_c - высота подвеса светильника, м;

h_p - высота от пола до освещаемой поверхности, м.

Находим расстояние между рядами светильников:

$$\alpha = 1.4 * H_c,$$

$$\alpha = 1.4 * 2.9 = 4.06 \text{ м.}$$

Определяем площадь помещения:

$$S = A \cdot B,$$

$$S = 5,5 \cdot 7 = 38,5 \text{ м}^2.$$

Коэффициент запаса, предусматривающий уменьшение световой отдачи ламп при старении и загрязнении, принимаем равным 1.5. В качестве источника света используются светильники ОД-2-80 с лампами ЛД. В зависимости от уровня освещенности, площади помещения и высоты подвеса принимаем удельную мощность светильника $W = 15 \text{ Вт/м}^2$.

Общая установочная мощность:

$$P = S \cdot W,$$

$$P = 38,5 \cdot 15 = 577,5 \text{ Вт.}$$

Находим количество светильников:

$$n = P/N,$$

где N - мощность одного светильника, равная 160 Вт.

$$n = 577,5/160 = 4 \text{ шт.}$$

Светильники устанавливаются в три ряда, учитывая длину помещения равную 7 м, расстояние между светильниками в одном ряду 2.5 м, расстояние до ближайшей стенки 1.5 м. Размеры светильника: длина 1.53 м; ширина 0.266 м; высота 0.198 м.

При расчете общего равномерного освещения принимаем метод коэффициента использования.

Величина светового потока лампы определяется по формуле:

$$F = EKZS/\eta,$$

где E - минимальная освещенность;

K - коэффициент запаса;

n - число ламп в помещении;

η - коэффициент использования;

Z - коэффициент равномерности.

Для определения значения коэффициента использования необходимо знать индекс помещения, который вычисляется по формуле:

$$i = S/(H_c * (A+B)),$$

где S - площадь помещения;

H_c- высота подвеса светильников;

AB - стороны помещения;

$$i = 38.5/(2.9 * (5.5+7)) = 1.1$$

По таблице использования определяем значения $\rho_{\text{стен}} = 50$, $\rho_{\text{потол}} = 70$, а коэффициент использования $\eta = 70$, коэффициент равномерности освещения Z также находим по таблице, он равен 1,5

$$F = 200 * 1.5 * 38.5 * 1.5 / (18 * 0.7) = 1375.$$

Сравнивая расчетное значение светового потока каждой лампы с табличным значением светового потока 3440, делаем вывод, что значение расчетное светового потока каждой лампы вполне достаточно для данного помещения, т.к. удовлетворяет условию.

$$F = F_{\text{расч}} \pm 10\%F_{\text{табл}},$$

$$1512.5 = 1375 \pm 10\%$$

Таким образом, в лаборатории площадью 38.5 м² необходимо установить девять светильников ОД-2-80 с лампами ЛД в три ряда. Расстояние между светильниками в одном ряду составляет 2,5 м, расстояние до ближайшей стенки составляет 1.5 м.

На основании проведенного расчета можно сделать вывод, что полученное значение светового потока соответствует схеме расположения светильников и его достаточно для освещения данного помещения. Плановое размещение светильников в помещении представлено на рисунке 18.

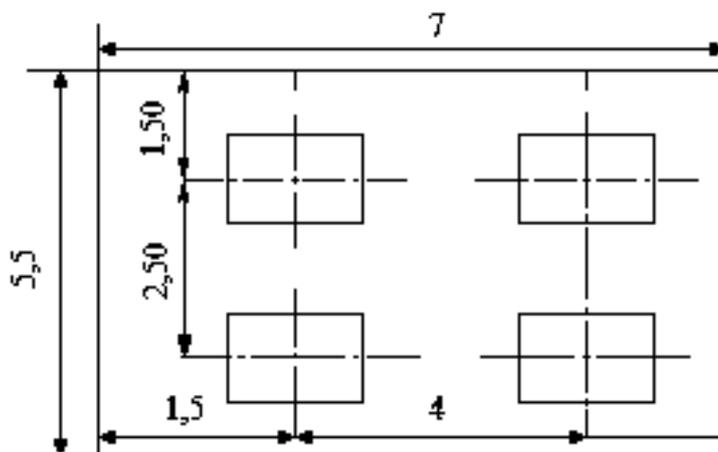


Рисунок 18 – Плановое размещение светильников в помещении

Светильники типа ОД-2-80 с люминесцентными лампами типа ЛД устанавливаются в два ряда, учитывая длину помещения 7 м; расстояние между рядами светильников 4 м; расстояние между осями светильников в одном ряду 2,5 м; расстояние до ближайшей стенки 1,5 м.

4.1.5 Шум

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. Источниками шумовых помех могут стать вентиляционные установки, кондиционеры, ЭВМ и его периферийные устройства. Длительное воздействие этих шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала.

Таблица 4.4 – Допустимый уровень звукового давления по видам трудовой деятельности

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
	331,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Научная деятельность в лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014[16] эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА.

В качестве мер по снижению шума можно предложить следующее:

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

4.1.6 Электромагнитные излучения

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. Источником ЭСП является экран ПК трение поверхности клавиатуры и компьютерной мыши. ЭСП может способствовать нарушению гормональной и иммунной систем [12].

Показатели ЭМИ и ЭСИ на рабочих местах с ПК представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – 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

4.1.7 Психофизические факторы

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Существуют следующие меры по снижению влияния монотонности:

- необходимо применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня;
- соблюдать эстетичность производства.

Для уменьшения физических нагрузок организма во время работы рекомендуется использовать специальную мебель с возможностью регулировки под конкретные антропометрические данные, например, эргономичное кресло.

4.1.8 Электрический ток

Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Согласно ПУЭ лабораторию по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности.

Основными мероприятиями по защите от электропоражения являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- защитного заземления (ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ);
- защитного зануления;
- защитного отключения;

- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Контроль выполнения требований электробезопасности должен проходить на следующих этапах:

- проектирование;
- реализация;
- эксплуатация.

Общие требования по электробезопасности отражены в ГОСТ 12.1.019-79 [15] и ГОСТ 12.1.038-82 [16].

Опасность поражения людей электрическим током в помещениях появляется при несоблюдении мер безопасности, а также при отказе или неисправности электрического оборудования и приборов.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер.

Рабочие места должны быть оборудованы отдельными щитами с общим рубильником электропитания, который должен находиться в легкодоступном месте, иметь закрытый зануленный металлический корпус и четкую надпись, указывающую величину номинального напряжения.

Так же нужно соблюдать некоторые правила по безопасности с электроприборами:

- все электроприемники и электропроводка должна быть с исправной изоляцией;
- нельзя подвешивать провода на гвоздях, металлических и деревянных предметах, перекручивать или завязывать их в узел;
- все токоведущие элементы, электроприборы, розетки, должны быть удалены от труб отопления и водопровода и других металлических коммуникаций;

- протирать осветительную арматуру от пыли можно только сухой тряпкой;
- при возгорании электроприборов или электрических проводов нельзя их гасить водой. Необходимо сначала их обесточить, а затем приступить к тушению пожара;
- при включении любого электрооборудования в сеть сначала подключается шнур к прибору, а затем - к сети. Отключение электроприбора нужно производить в обратном порядке;
- нельзя прикасаться мокрыми или влажными руками к электроприборам, находящимся под напряжением [16].

4.2 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 [12] [22]. 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 [20].

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Вероятной чрезвычайной ситуацией возникающей при проведении анализа динамически трособлочной системы силовой разгрузки с учетом сухого трения в блоках является пожар.

При этом причинами возникновения пожара могут быть:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей, которые могут привести к короткому замыканию или пробой 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 не соблюдением 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 предупреждения и защиты [21].

Согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности, помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории по пожарной и взрывопожарной опасности:

- 1) повышенная взрывопожароопасность (А);
- 2) взрывопожароопасность (Б);
- 3) пожароопасность (В1 - В4);
- 4) умеренная пожароопасность (Г);
- 5) пониженная пожароопасность (Д).

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

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. План эвакуации из помещения представлен на рисунке 19.

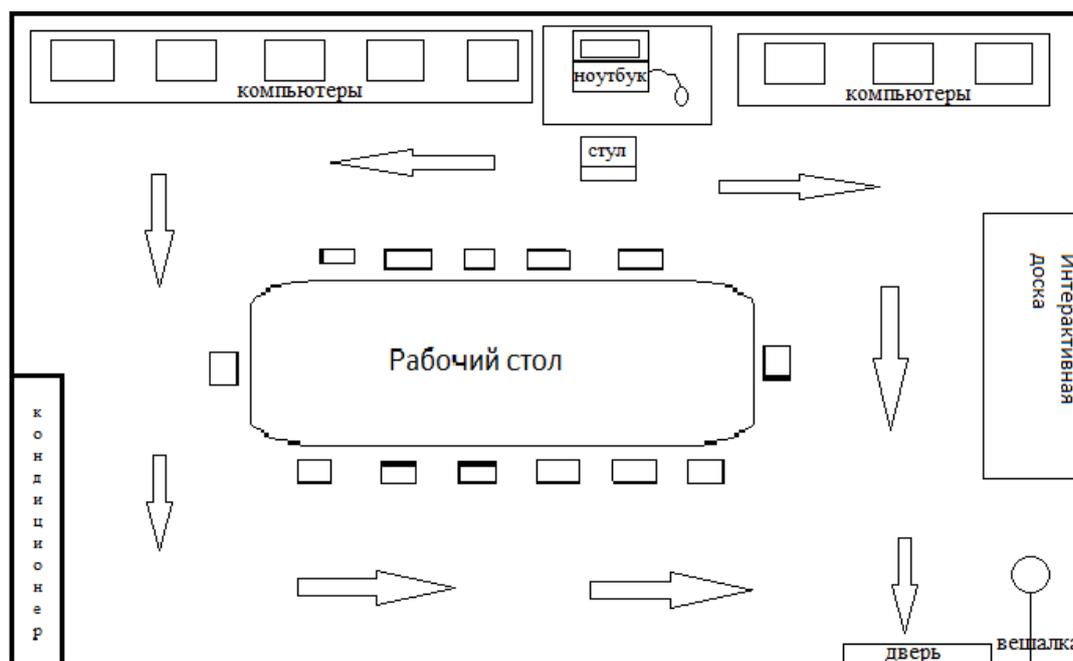


Рисунок 19 – План эвакуации

4.4 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 [22].

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 $(90 - 110)^\circ$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведено математическое описание трособлочной системы силовой разгрузки, используемой в сбалансированных манипуляторах. Особенностью полученной модели является учет нелинейной характеристики сухого трения, действующего в многочисленных блоках трособлочной системы.

Установлено, что при условии пренебрежения инерционностью блоков, действие сухого трения в них эквивалентно действию звеньев типа «люфт». Данный теоретический вывод подтвержден результатами моделирования системы силовой разгрузки в ППК MATLAB. Анализ влияния сухого трения в безынерционных блоках на динамические свойства системы показал, что оно отрицательно влияет на устойчивость системы, повышая ее колебательность и снижая точность.

Результаты ВКР могут быть использованы в дальнейшем для решения задачи повышения качества и точности систем силовой разгрузки сбалансированных манипуляторов.

CONCLUSION

Carried out in the work the mathematical description of the rope-modular system of power weight compensation, which used in balanced manipulators. The peculiarity of the obtained model is the consideration of the nonlinear characteristic of dry friction acting in numerous blocks of the rope-modular system.

It is established that, negligibility condition of the inertia blocks, the action of dry friction in the blocks is equivalent to the action of arms of the type "backlash". This theoretical conclusion confirmed by the results of simulation of the rope-modular system in the MATLAB. Analysis of the effect of dry friction in inertialess blocks on the dynamic properties of the system showed that it negatively affects the stability of the system, increasing its oscillation and reducing accuracy.

The results of graduate qualification work can be used in the future to solve the problem of improving the quality and accuracy of the power weight compensation systems for balanced manipulators.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухенко Н.А. Пути и способы оптимизации структуры и параметров электромеханических систем компенсации силы тяжести/ Н.А. Сухенко, О.А. Кравченко // Изв. вузов. Электромеханика. – 2003. – №5. – С.30 – 36.
2. Сухенко Н.А. Совершенствование систем управления сбалансированных манипуляторов/ Н.А. Сухенко, Г.Я. Пятибратов // Изв. вузов. Электромеханика. – 2010. – №5. – С.77 – 81.
3. Пятибратов Г.Я. Применение электропривода переменного тока при создании систем сбалансированных манипуляторов/ Г.Я. Пятибратов, Н.А. Сухенко // Изв. вузов. Электромеханика. – 2011. – №1. – С. 37– 39.
4. Голубенцев А.Н. Динамика переходных процессов в машинах со многими массами. – М.: Машгиз, 1969. – 146 с.
5. Глушко Я.М. Динамические усилия в подъемных канатах переменной длины. –Труды МакНИИ, – 1969.
6. Савин Г.Н., Горошко О.А. Динамика нити переменной длины. – К.: Изд-во АН УССР, 1962. – 426 с.
7. А.Г. Степанов. ДИНАМИКА МАШИН.- Екатеринбург:УрО РАН, 1999.ISBN 5-7691-0877-8.
8. Дядик В.Ф. Теория автоматического управления: учебное пособие/ В.Ф. Дядик, С.А. Байдали, Н.С. Креницын. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 196 с
9. Поршневу С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB / С.В. Поршневу. – М.: Горячая Линия–Телеком, 2003. – 592 с.
10. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
11. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

12. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона. - М: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
14. СанПин 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки,1996.
15. ГОСТ 12.1.019-79. Система стандартов и безопасности труда. Электробезопасность.
16. ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
17. ГОСТ 12.1.003–83 «Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука».
18. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01.07.92).
19. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
20. ФЗ «Об охране атмосферного воздуха" от 04.05.99 М 96-ФЗ [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.
21. В.М.Нагорный, Г.М.Федоров. Организация работы комиссии по чрезвычайным ситуациям объекта / Под ред. В.В. Шевченко. - [Электронный ресурс].
22. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования