

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 грузоподъемных электромеханических систем с учетом массы длинных упругих канатов

УДК 621.867.23-8:531.3-047.44

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Короткова Татьяна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АИКС ИК	Гайворонский Сергей Анатольевич	К. Т. Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента ИСГТ	Антонова Ирина Сергеевна	К. Э. Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. 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.		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах»

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов) Профессиональные 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 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

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

Студенту:

Группа	ФИО
8А31	Коротковой Татьяне

Тема работы:

Анализ динамических свойств грузоподъемных электромеханических систем с учетом массы длинных упругих канатов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Приказ №786/с от 09.02.2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Параметры грузоподъемной электромеханической системы:
<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>$k_{дв} = 10$</p> <p>$J = 0.25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$</p> <p>$k_y = 100$</p> <p>$m = [50, 500] \text{ м}$</p> <p>$r = 0.5 \text{ м}$</p> <p>$C_{уд} = 2 \cdot 10^8 \text{ Н}$</p> <p>$l = [50, 500] \text{ м}$</p> <p>$\chi_{уд} = 4 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{с}$</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>	<p>Получение модели тяжелого каната, получение модели ЭМС, анализ влияния массы каната на динамические свойства ЭМС</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в формате *.pptx</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Антонова Ирина Сергеевна</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Извеков Владимир Николаевич</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Заключение</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент кафедры АИКС ИК</p>	<p>Гайворонский Сергей Анатольевич</p>	<p>К. Т. Н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8А31</p>	<p>Короткова Татьяна</p>		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8А31	Коротковой Татьяне

Институт	ИК	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Управление в технических системах

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

<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p>	<p>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение. информация о заработных платах сотрудников с сайта tru.ru.</p>
<p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p>	<p>Нормативные документы: Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии"</p>
<p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p>Положения ФЗ РФ №212 от 24 июля 2009 г. «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 (27,1% - отчисления во внебюджетные фонды).</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></p>	<p>1. Потенциальные потребители результатов исследования. 2. Анализ конкурентных технических решений. 3. Оценки перспективности проекта по технологии SWOT.</p>
--	---

	4. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
4. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	1 Расчет материальных затрат НИИ. 2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. 3 Основная заработная плата исполнителей темы. 4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы. 5 Отчисление во внебюджетные фонды 6 Прочие расходы.
5. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Анализ интегральных показателей эффективности.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений 2. Итоговая матрица SWOT-анализа 3. Морфологическая матрица альтернативных решений 4. Календарный план-график выполнения проекта 5. Сравнительная эффективность разработок 	

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Короткова Татьяна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8А31	Короткова Татьяна

Институт	ИК	Кафедра	АиКС
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	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 style="text-align: center;">Анализ динамических свойств грузоподъемных электромеханических систем с учетом массы длинных упругих канатов</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>1.1. Выявленные вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – показатели микроклимата – шум – освещенность – электромагнитные излучения <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов:</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); – 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на ОС; - разработка решений по обеспечению экологической безопасности
<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;</p> <p>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. 	<p>4. Организация рабочего места осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03.</p>

<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
--	--

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	Короткова Татьяна		

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ЭМС – электромеханическая система

НР – научный руководитель

И – инженер

НДС – налог на добавленную стоимость

НИР – научная исследовательская работа

ПК – персональный компьютер

Оглавление	
РЕФЕРАТ	12
ВВЕДЕНИЕ.....	13
1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛИННОГО УПРУГОГО КАНАТА.	16
1.1 Учет распределенности массы длинного упругого каната.....	16
1.2 Структурная схема тяжелого упругого каната с учетом его распределенной массы.....	18
1.3 Переходные процессы в упругих тяжелых канатах	19
1.4 Выводы.....	23
2. МОДЕЛЬ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	24
2.1 Математическая модель грузоподъемной электромеханической системы без учета массы тяжелого упругого каната.....	24
2.2 Модель грузоподъемной электромеханической системы с учетом массы тяжелого упругого каната.....	25
3. ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ КАНАТА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ.....	28
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	39
Введение.....	39
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	40
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	40
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	41
4.1.3 SWOT-анализ.....	42

4.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	44
4.3	Организация и планирование работ	45
4.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	52
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	57
5.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	61
	Введение.....	61
1.	Производственная безопасность	61
1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	61
1.2	Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария)	68
2.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	70
3.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	73
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
	CONCLUSION	77
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	78

РЕФЕРАТ

Выпускная квалифицированная работа содержит 80 страниц текста, 27 рисунков, 19 таблиц, 28 литературных источников.

Ключевые слова: грузоподъемная электромеханическая система, масса каната, тяжелый канат, невесомый канат, быстродействие системы, структурная схема системы.

Объектом исследования является грузоподъемная электромеханическая система.

Цель работы – анализ динамических свойств грузоподъемных электромеханических систем с учетом массы длинных упругих канатов.

Область применения: отрасли промышленности, где необходимо применение грузоподъемных систем, использующих длинные канаты

Получена передаточная матрица двухмерного линейного звена, описывающего канат с учетом его массы. Проведен анализ переходных процессов в упругих канатах. Для подтверждения результатов анализа выполнено компьютерное моделирование ЭМС.

Разработана математическая модель ЭМС в форме структурной схемы и проведен анализ переходных процессов при различных длинах каната.

В четвертой главе выполнено задание по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». В пятой главе выполнено задание по разделу «Социальная ответственность».

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений автоматизации производственных процессов в промышленности является применение грузоподъемных электромеханических систем (ЭМС), использующих длинные канаты [1]. К таким системам относятся, например, шахтные подъемники, лифтовые подъемники, подъемные краны, подвесные канатные дороги, буксирные тросовые механизмы, антенные установки и другие устройства. Указанные системы состоят из самой подъемной машины с электроприводом, каната, наматываемого на барабан, и груза на конце каната (рисунок 1). Принцип работы системы основан на преобразовании вращения вала двигателя в вертикальное движение груза за счет намотки каната на вращающийся барабан. Регулируемой координатой в грузоподъемной машине может выступать скорость вертикального перемещения груза. В этом случае электропривод должен работать на основе сигнала регулятора, на вход которого поступает сигнал скорости груза.

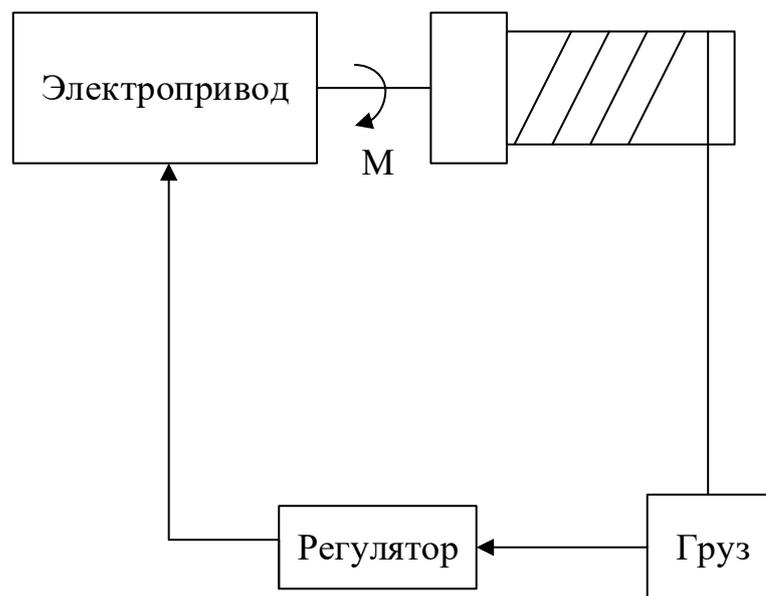


Рисунок 1 - Грузоподъемная электромеханическая система

Такая структура представляет собой двухмассовую ЭМС. Масса перемещаемого груза и эквивалентная масса электропривода подъемного механизма будут рассматриваться в качестве двух масс. Упругая связь между ними при этом действует на участке каната между грузом и барабаном, на

который намотан канат. Особенностью системы является изменение длины участка каната между грузом и барабаном привода, что ведет к изменению параметров упругой связи (коэффициентов жесткости и внутреннего демпфирования). [2] Это может явиться причиной появления резонансных колебаний в системе.

При моделировании грузоподъемной системы будем использовать следующие основные допущения [3]:

- 1) сосредоточенные массы крупных конструктивных узлов представляют собой абсолютно твердые тела;
- 2) внешнее трение и силы аэродинамического сопротивления отсутствуют;
- 3) подъемные канаты переменной длины представляют собой весомые упруго-вязкие нити и являются идеально-гибкими и некрутящимися;
- 4) поперечные колебания канатов отсутствуют;
- 5) канат в точках набегания на барабан и схода с барабана не проскальзывает относительно навивочной поверхности;
- 6) податливость опор барабана пренебрежимо мала по сравнению с податливостями упругих связей силовой линии подъемной установки.

При небольших длинах каната упругая волна достигает противоположного конца в течение небольшого промежутка времени, что обосновывает одно из основных допущений, принятых при исследованиях и решениях задач динамики систем со сосредоточенными массами, в которых считается, что упругая волна распространяется мгновенно вдоль каната.

У современных шахтных подъемников высота (глубина) может превышать 1000 м, поэтому временем распространения упругих волн пренебрегать нельзя, так как оно существенно. Движение отдельных сегментов каната (частей) необходимо рассматривать более детально, а именно, учитывая, что характеристики распределяются по длине упругого элемента.

Если канат имеет значительную длину (сотни метров и даже километры), то он обладает существенной массой, достигающей до нескольких тонн. Такой канат будем называть тяжелым. При анализе динамических свойств тяжелого каната его следует рассматривать как элемент с распределенной по длине массой. Отличием тяжелого каната от невесомого является то, что приращение силы натяжения на одном его конце передается не мгновенно, а с конечной скоростью распространения.

В работах [4, 5] для учета распределенности массы длинного каната его представляют в виде цепи из нескольких одинаковых звеньев, каждое из которых содержит единичную упругость и массу. При этом схема замещения каната имеет вид электрической цепи со звеньями–четырёхполюсниками. Такое моделирование каната связано с использованием трансцендентных уравнений, что не позволяет применять известные линейные методы для анализа и синтеза систем управления грузоподъемными ЭМС.

Согласно [6], процессы распространения колебаний в тяжелых канатах без трения идентичны процессам распространения колебаний в длинных линиях без потери. Для исследования упругих колебаний в таких канатах распределенная масса и распределенный коэффициент жесткости заменяются эквивалентной для всего каната сосредоточенной массой и эквивалентным сосредоточенным коэффициентом жесткости. При этом задача описания каната сводится к определению двух частей его массы, разносимых по концам каната, и определению его эквивалентного коэффициента жесткости. Такой подход отличается простотой, однако имеет невысокую точность описания процессов в тяжелом канате.

Наибольший интерес представляет работа [7], где применяется теория колебательных систем с распределенными параметрами, которую мы и будем использовать.

Таким образом, целью ВКР является составление модели, отражающей основные свойства тяжелого каната и при этом позволяющей использовать ее

для анализа и синтеза систем известными линейными методами теории автоматического управления.

1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛИННОГО УПРУГОГО КАНАТА

1.1 Учет распределенности массы длинного упругого каната

Решим задачу представления гибкого упругого тяжелого (весомого) вертикально расположенного каната большой длины в виде линейного динамического звена САР. [8]

Рассмотрим случай, когда при закрепленном верхнем конце каната усилие натяжения каната регулируется за счет силы, приложенной одному из концов. В рассматриваемой задаче (рисунок 2) гибкий однородный вертикально расположенный канат длиной l находится под воздействием двух растягивающих сил, приложенных к верхнему (ΔF^B) и нижнему (ΔF^H) концам каната. В установившемся состоянии (в статике) очевидно, что в верхней точке каната сила ΔF^B равна сумме силы ΔF^H , и веса каната Q . Таким образом, для вертикального однородного гибкого каната с известным весом Q статические усилия натяжения в любой точке однозначно зависят от ее расстояния от конца каната и величины силы натяжения ΔF^H в нижней точке.

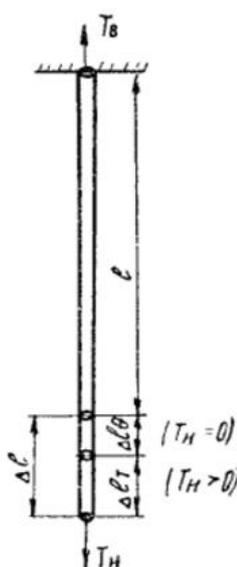


Рисунок 2 – Однородный вертикально расположенный канат

Используем теорию колебательных систем с распределенными параметрами. На ее основе получим передаточные функции, описывающие законы передачи приращения силы натяжения каната с одного его конца на другой. Введем следующие обозначения:

F^B – приращение силы натяжения верхнего конца каната,

F^H – приращение силы натяжения нижнего конца каната,

Δl^H – удлинение нижнего конца каната,

Δl^B – удлинение верхнего конца каната,

m – масса каната.

Согласно теории, передаточная функция между удлинением каната на одном конце и приращением на нем силы натяжения имеет вид

$$W_l(s) = \frac{\Delta F^B}{\Delta l^B} = \frac{\Delta F^H}{\Delta l^H} = \frac{C_{уд}\sqrt{b} \cdot ch(l\sqrt{b})}{sh(l\sqrt{b})} \quad (1)$$

где $b = \frac{s}{a^2}(s + 2h)$, $2h = \frac{\chi_{уд}}{m}$, $a^2 = \frac{C_{уд}}{m}$, $C_{уд}$, $\chi_{уд}$ – соответственно удельное значение жесткости и внутреннего демпфирования каната. Заметим, что после появления приращения силы натяжения на одном конце каната оно передается на другой конец в соответствии с передаточной функцией

$$W^F(s) = \frac{\Delta F^B}{\Delta F^H} = \frac{\Delta F^H}{\Delta F^B} = \frac{1}{ch(\sqrt{lb})} \quad (2)$$

Если гиперболические функции в выражениях (1) и (2) разложить в степенные ряды и ограничиться рассмотрением только двух первых членов $ch\sqrt{l^2b} = 1 + \frac{bl^2}{2}$, $sh(\sqrt{l^2b}) = \sqrt{l^2b}(1 + \frac{bl^2}{6})$, то передаточные функции (1) и (2) примут соответственно вид

$$W_l(s) = \frac{\Delta F^B}{\Delta l^B} = \frac{\Delta F^H}{\Delta l^H} = 3C_{уд}\Gamma \frac{l^2 m s^2 + \chi_{уд}l^2 s + 2C_{уд}}{l^3 m s^2 + \chi_{уд}l^3 s + 6C_{уд}l} \quad (3)$$

$$W_F(s) = \frac{\Delta F^B}{\Delta F^H} = \frac{\Delta F^H}{\Delta F^B} = \frac{2C_{уд}}{l m s^2 + \chi_{уд}l s + 2C_{уд}} \quad (4)$$

1.2 Структурная схема тяжелого упругого каната с учетом его распределенной массы

На основе изложенных выше соображений математическая модель тяжелого каната может быть представлена как объект с двумя входами (удлинениями на концах каната) и двумя выходами (приращениями силы натяжения на концах каната).

Входы и выходы каната в матричной форме будут иметь вид:

$$\Delta F = \begin{bmatrix} \Delta F^B \\ \Delta F^H \end{bmatrix} \quad \Delta l = \begin{bmatrix} \Delta l^B \\ \Delta l^H \end{bmatrix}$$

Для приращений натяжения на концах каната запишем

$$\Delta F^B = \Delta F_1^B - \Delta F_2^B = \Delta l^B \cdot W_l - \Delta l^H \cdot W_l \cdot W_F$$

$$\Delta F^H = \Delta F_1^H - \Delta F_2^H = \Delta l^H \cdot W_l - \Delta l^B \cdot W_l \cdot W_F$$

Тогда в матричной форме

$$\begin{bmatrix} \Delta F^B \\ \Delta F^H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_l & W_l \cdot W_F \\ W_l & W_l \cdot W_F \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta l^H \\ \Delta l^B \end{bmatrix},$$

где матрицу передаточных функций можно записать в виде

$$\begin{bmatrix} W_{\Delta l^H \Delta F^H} & W_{\Delta l^B \Delta F^B} \\ W_{\Delta l^H \Delta F^B} & W_{\Delta l^B \Delta F^H} \end{bmatrix}$$

На основании полученных передаточных функций (3) и (4) составлена структурная схема тяжелого каната, приведенная на рисунке 3.

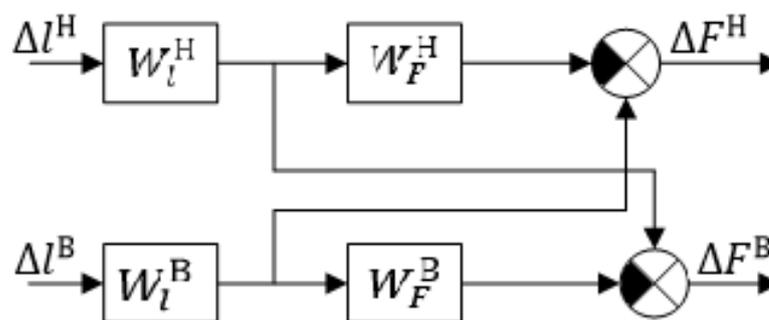


Рисунок 3 - Структурная схема тяжелого каната

Заметим, что такой канат следует отнести к классу многосвязных элементов, поскольку удлинение любого его конца влияет не только на приращение натяжения на нем, но и на другом конце каната.

1.3 Переходные процессы в упругих тяжелых канатах

Исследуем разработанную модель тяжелого каната в MatLab Simulink (рисунок 4).

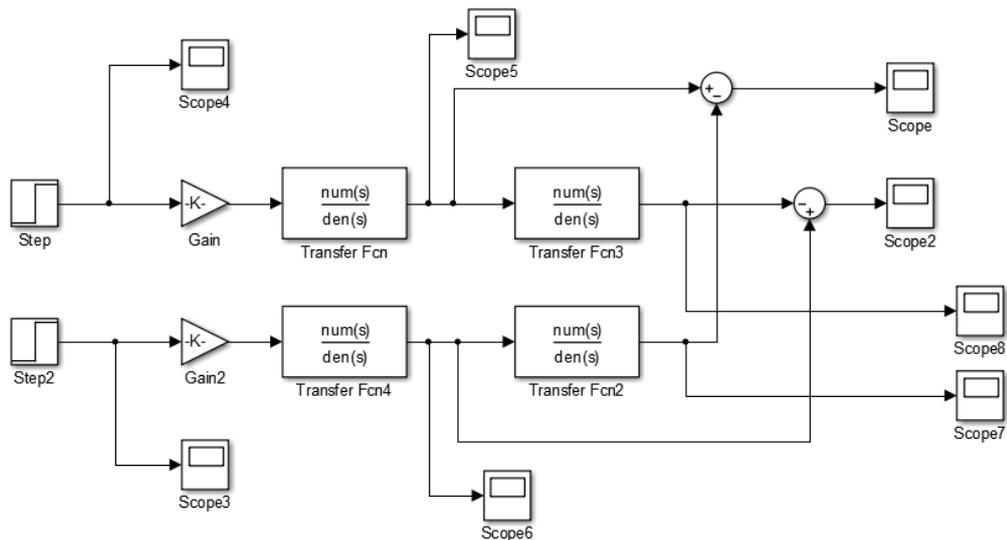
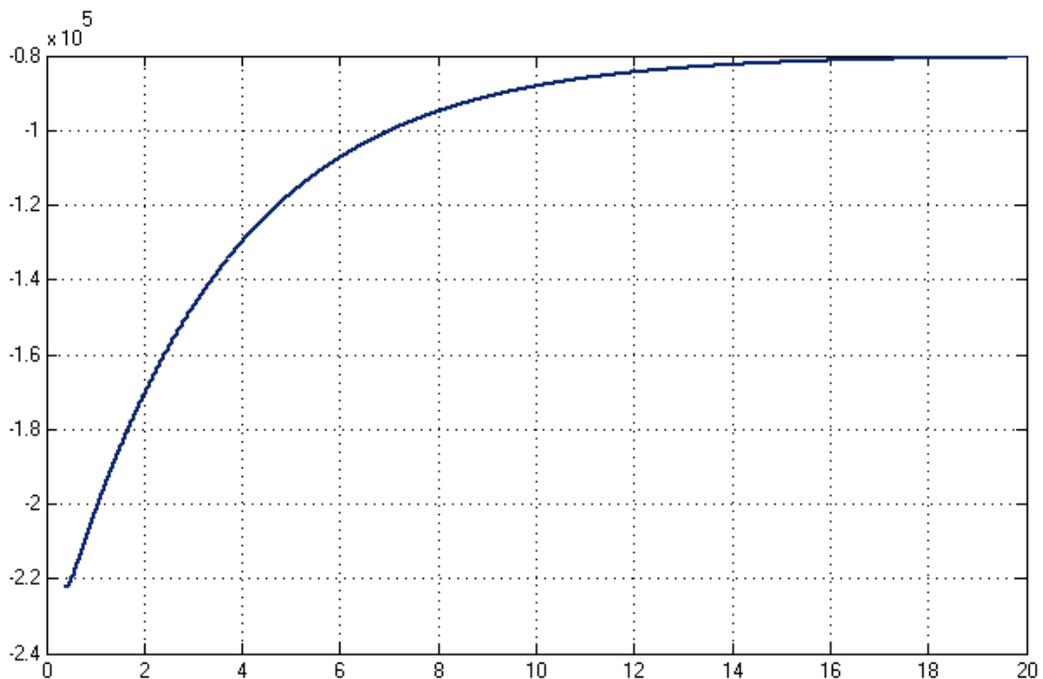


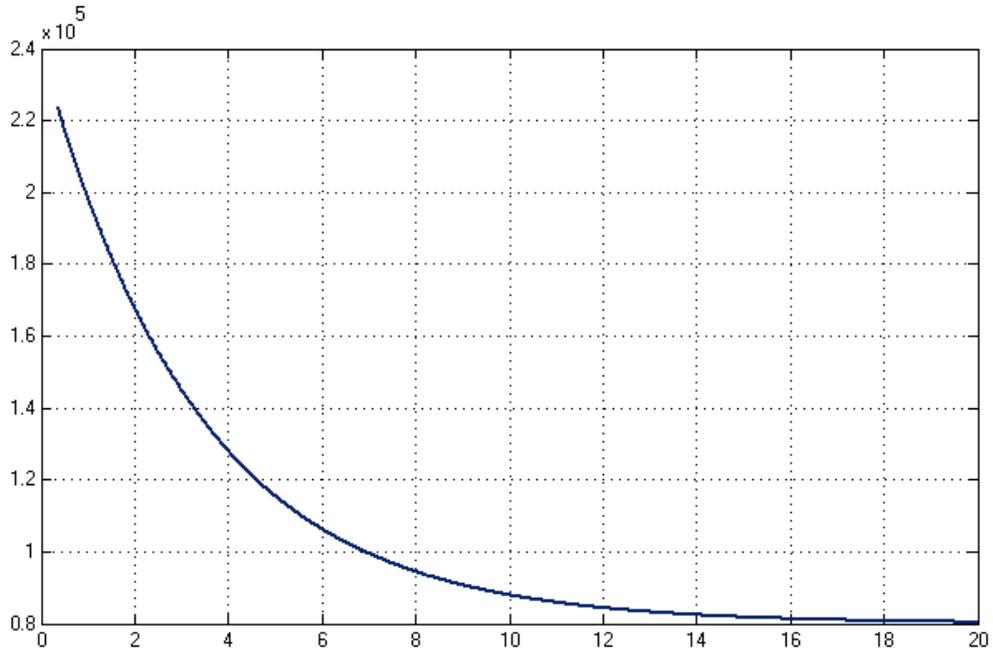
Рисунок 4

Рассмотрим, как влияет на тяжелый канат растяжение каната сверху, снизу и одновременно с двух сторон при длине каната 100 метров и массе 100 килограмм.

При растяжении каната на 0,4 метра сверху на рисунке 5 получены графики изменения натяжений:



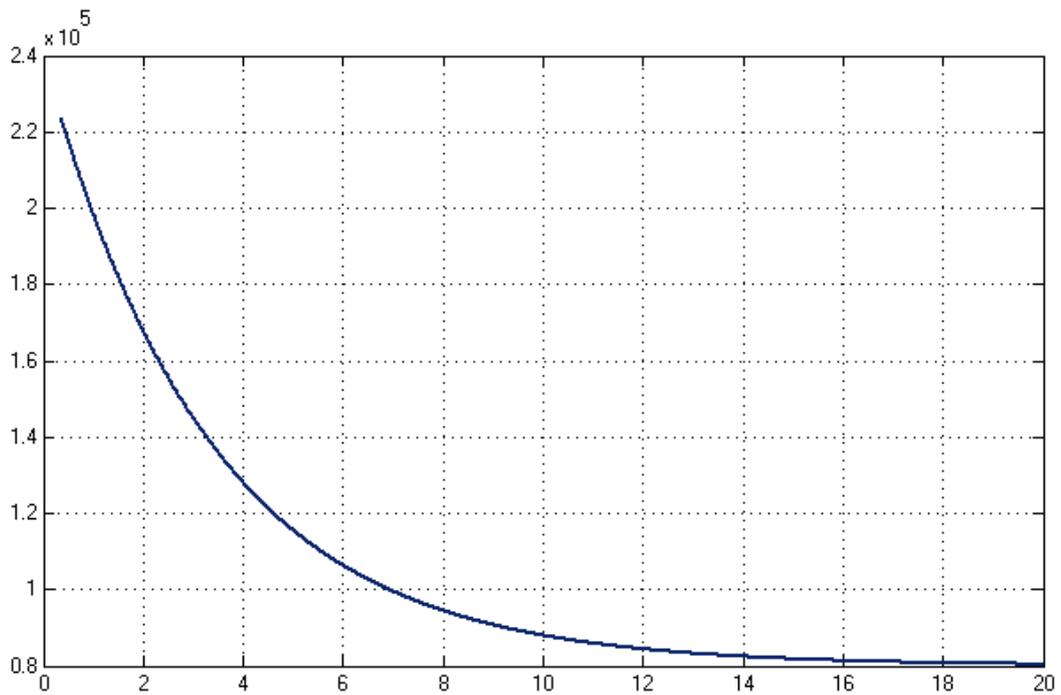
а)



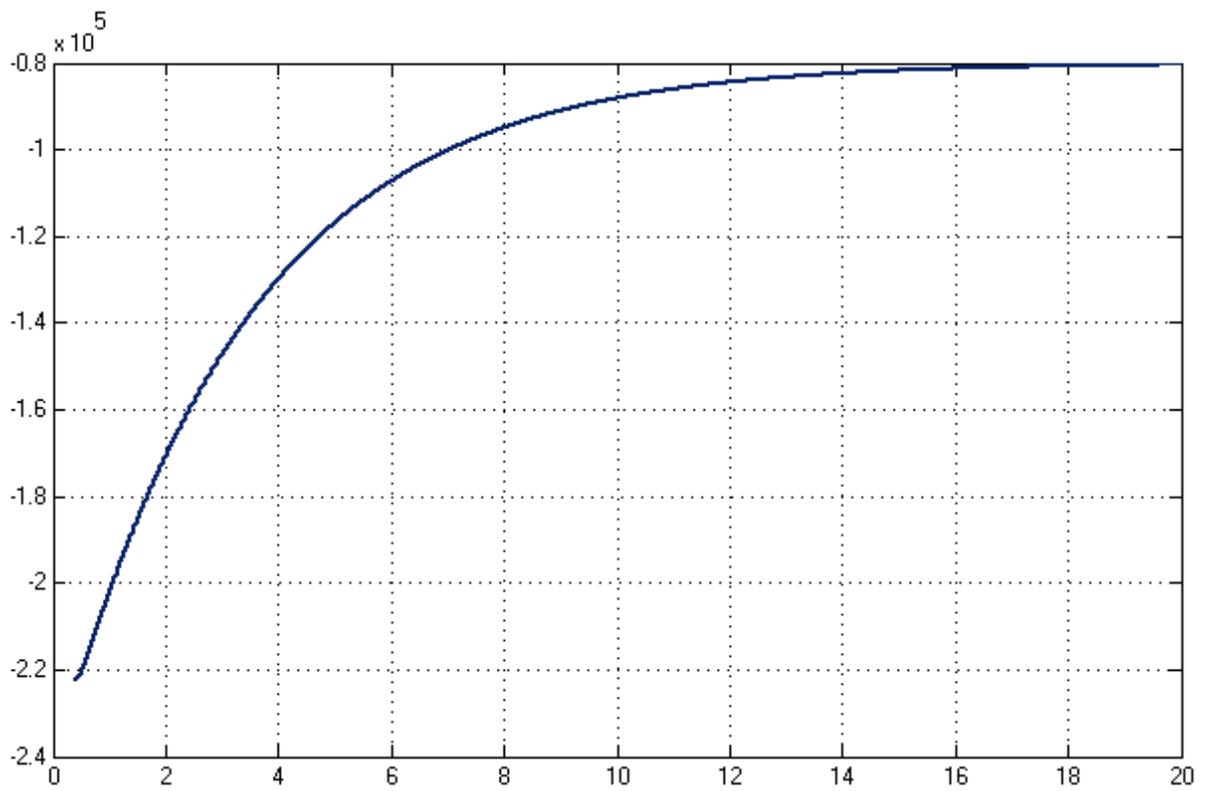
б)

Рисунок 5 – Изменение силы натяжения каната: а) на верхнем конце ; б) на нижнем конце, при растяжении верхнего конца на 0,4 м.

На рисунке 6 представлены силы натяжения концов каната при его растяжении на 0,4 метра снизу.



а)



б)

Рисунок 6 - Изменение силы натяжения каната: а) на верхнем конце ; б) на нижнем конце, при растяжении нижнего конца на 0,4 м.

При растяжении каната на 0,4 метра снизу и сверху на рисунке 7 получим:

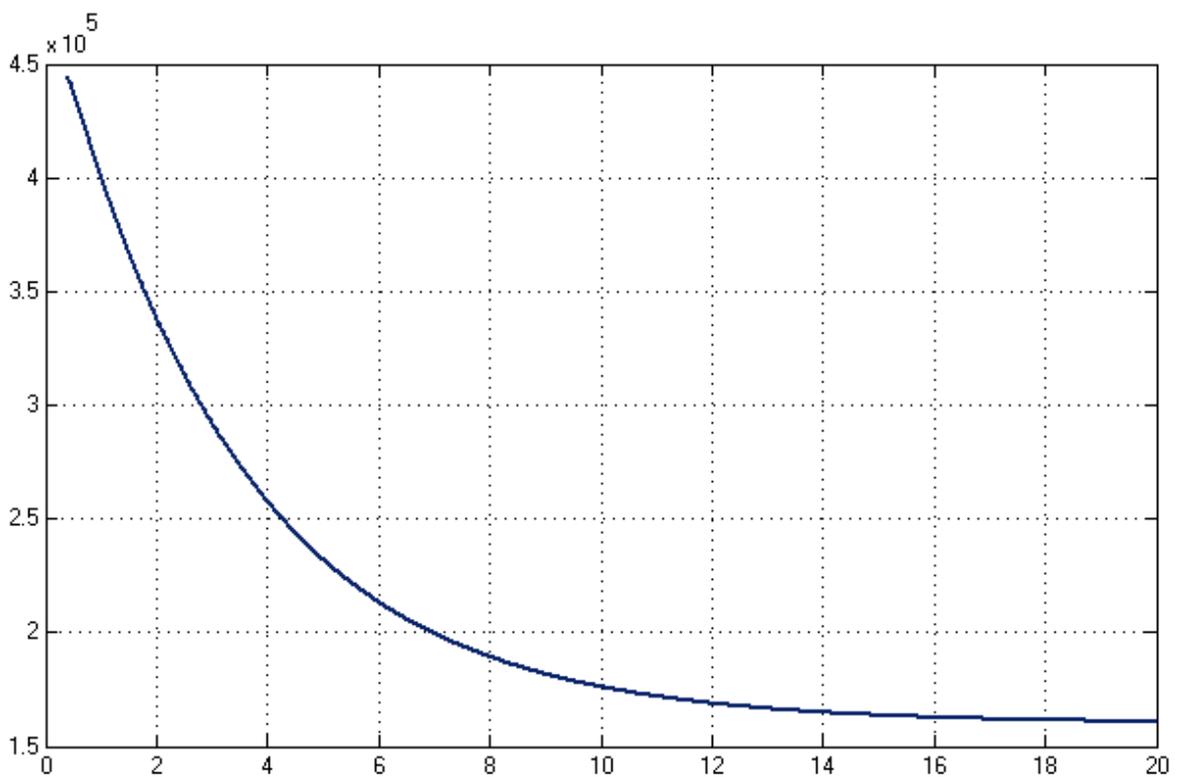
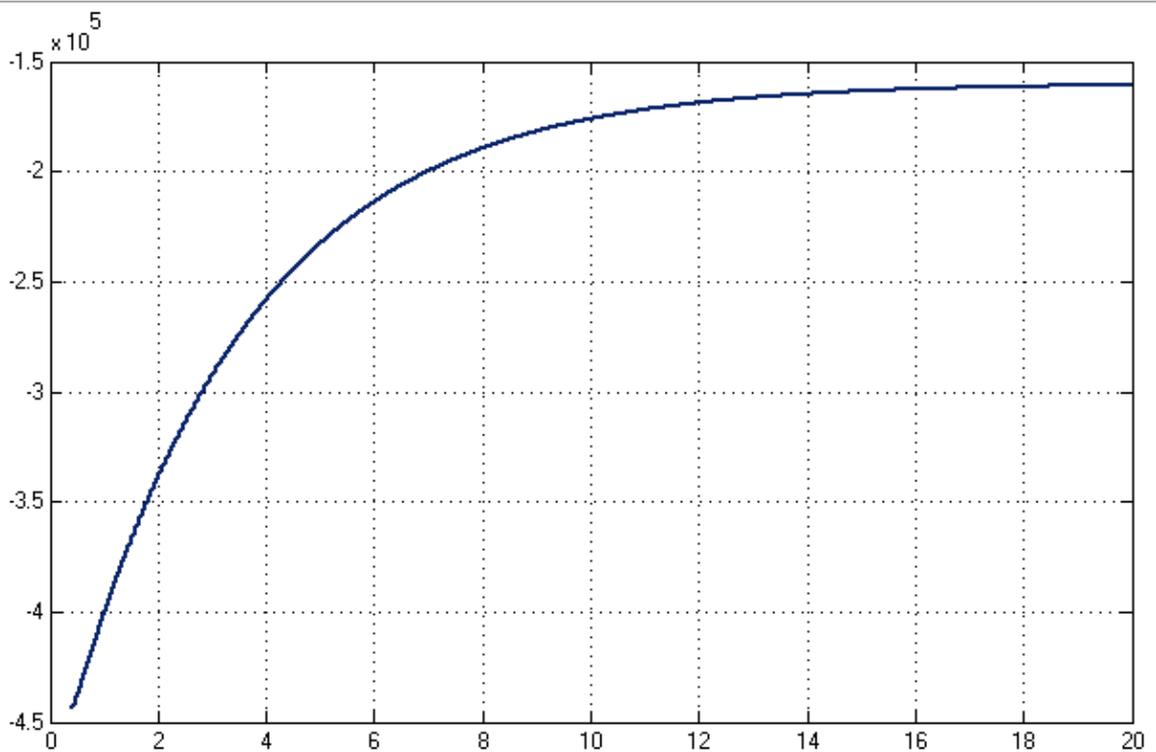


Рисунок 7 – Изменение силы натяжения каната: а) на верхнем конце ; б) на нижнем конце, при одновременном растяжении верхнего и нижнего концов на 0,4 м.

Для сравнения проанализируем, как изменяется сила натяжения, если растянуть на 0,4 метра невесомый канат (см. рисунок 8).

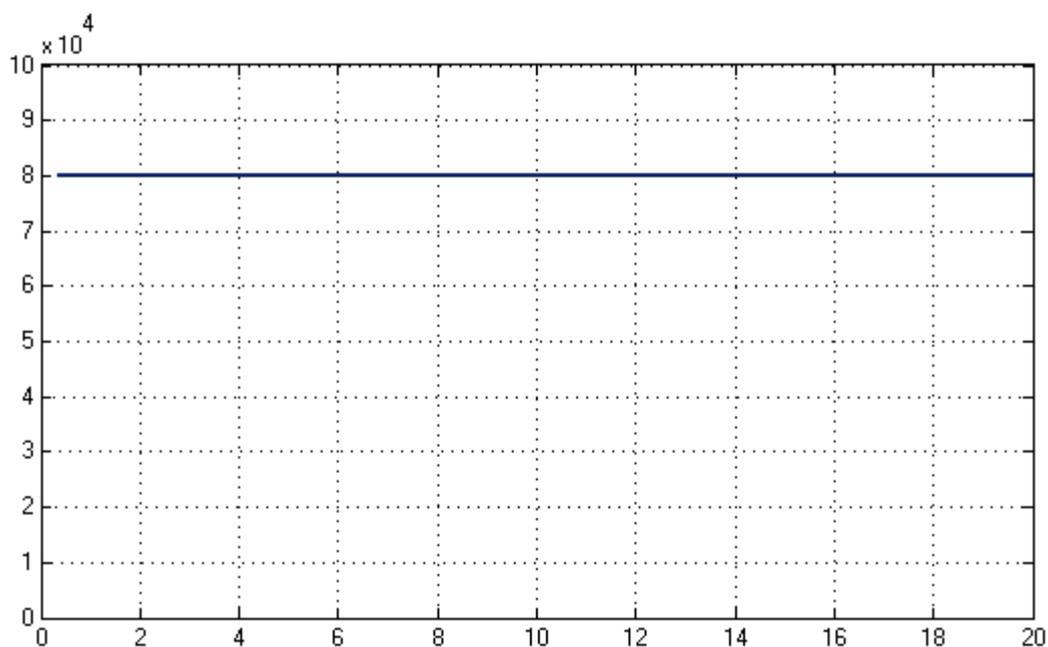


Рисунок 8 – Изменение силы натяжения невесомого каната при его растяжении на 0,4 метра

1.4 Выводы

Из рисунков видно, что сила натяжения распространяется по невесомому канату мгновенно, в то время, как натяжение тяжелого каната изменяется примерно за 20 секунд. Заметим, что при растяжении каната с двух сторон возникает сила натяжения в 2 раза большая, чем при растяжении с одной стороны.

2. МОДЕЛЬ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

2.1 Математическая модель грузоподъемной электромеханической системы без учета массы тяжелого упругого каната

В результате математического описания системы получена система уравнений в операторной форме:

$$m \frac{d\Delta V_{\Gamma}}{dt} = \Delta F_H;$$
$$\Delta F_H = \left(\frac{C + \chi p}{p} \right) (\Delta V_{\text{пр}} - \Delta V_{\Gamma});$$
$$\Delta F_{\text{дв}} = \left(\frac{C_M}{r} \left(\frac{1/R_{\text{я}}}{T_{\text{я}} p + 1} \right) \right) \left(U_{\text{дв}} - \frac{C_E \Delta V_{\text{пр}}}{r} \right);$$
$$\left(T_y \frac{dU_{\text{вых}}}{dt} + U_{\text{вых}} \right) = k_y U_{\text{вх}},$$

где $k_{\text{дв}} = 10$ – коэффициент усиления двигателя;

C_E – противоЭДС двигателя;

$J = 0.25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – приведенный момент инерции двигателя;

$k_y = 100$ – коэффициент передачи усилителя;

$m = [50, 500] \text{ м}$ – масса груза;

$r = 0.5 \text{ м}$ – радиус барабана.

Коэффициент жесткости каната определяется по формуле:

$$C = \frac{C_{\text{уд}}}{l},$$

где $C_{\text{уд}} = 2 \cdot 10^8 \text{ Н}$ – коэффициент удельной жесткости каната;

$l = [50, 500] \text{ м}$ – длина каната.

Коэффициент демпфирования зависит от длины каната следующим образом

$$\chi = \frac{\chi_{\text{уд}}}{l}$$

$\chi_{уд} = 4 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{с}$ – удельный коэффициент удельной потери упругости каната (коэффициент демпфирования)

Используя полученные дифференциальные уравнения, составим структурную схему системы управления (рисунок 9). [9]

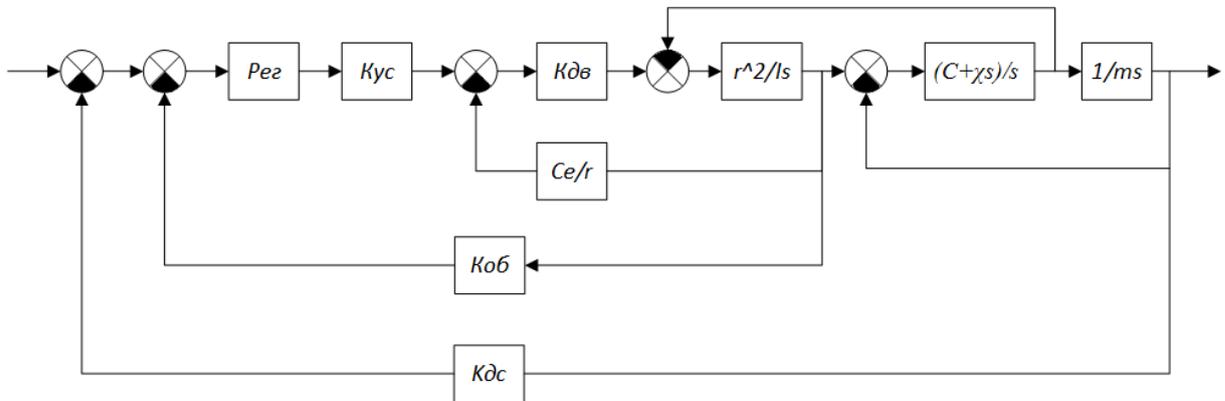


Рисунок 9 – Структурная схема системы без учета массы длинного упругого каната

В связи с высоким быстродействием электропривода можно пренебречь коэффициентом C_E . В результате структурная схема грузоподъемной ЭМС с регулятором, электрической и механической частями в среде MatLab примет вид, показанный на рисунке 10.

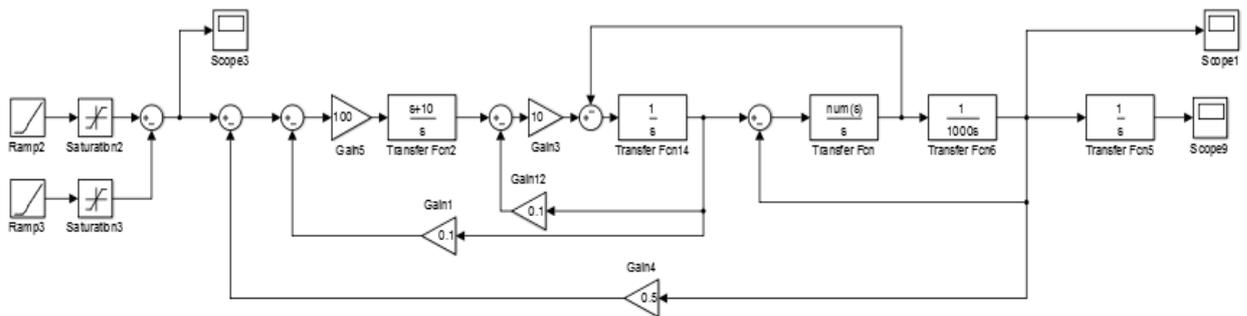


Рисунок 10 - Модель системы в среде MatLab без учета массы длинного упругого каната

2.2 Модель грузоподъемной электромеханической системы с учетом массы тяжелого упругого каната

Модель грузоподъемной электромеханической системы с учетом массы длинного каната отличается от модели системы без учета его массы лишь представлением в структурной схеме самого каната. [10] В структурной

схеме (рисунок 11) канат представлен в виде четырехполюсника с двумя входами и двумя выходами. Для этого в систему вводится еще 2 интегратора для преобразования скорости в перемещение, и тем самым увеличивается порядок системы.

В результате структурная схема грузоподъемной ЭМС с учетом массы длинного упругого каната в среде MatLab, примет вид, показанный на рисунке 12.

3. ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ КАНАТА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ

Проанализируем поведение системы с учетом массы каната и без учета этой массы. В связи с тем, что длина каната изменяется, будем считать, что в интервале длиной 100 метров масса каната постоянна.

Для плавного разгона и торможения каната сигнал задатчика скорости $U_{3с}$ следует формировать в виде, показанном на рисунке 13, где T – время спуска груза на необходимую глубину.

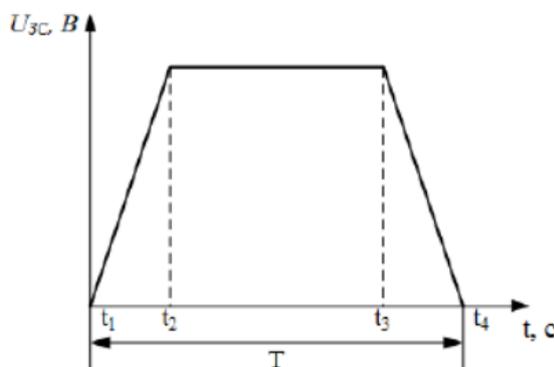


Рисунок 13 - График изменения сигнала задатчика скорости спуска груза

Из рисунка 13 можем сделать вывод, что груз разгоняется с постоянным ускорением в интервале $[t_1; t_2]$, работает с постоянной скоростью в интервале $[t_2; t_3]$ и тормозит с постоянным замедлением в интервале $[t_3; t_4]$. С момента времени t_4 груз переходит в режим стабилизации.

Рассмотрим невесомый канат массой 50 килограмм и длиной 50 метров. Пусть сигнал задатчика скорости имеет вид, показанный на рисунке 14.



Рисунок 14 - Входное воздействие (1 В) для системы с невесомым канатом длиной 50 метров

Длительность воздействия зависит от того как быстро канат разматывается на необходимую длину (50 метров). Рассмотрим график зависимости перемещения каната во времени (рисунок 15).

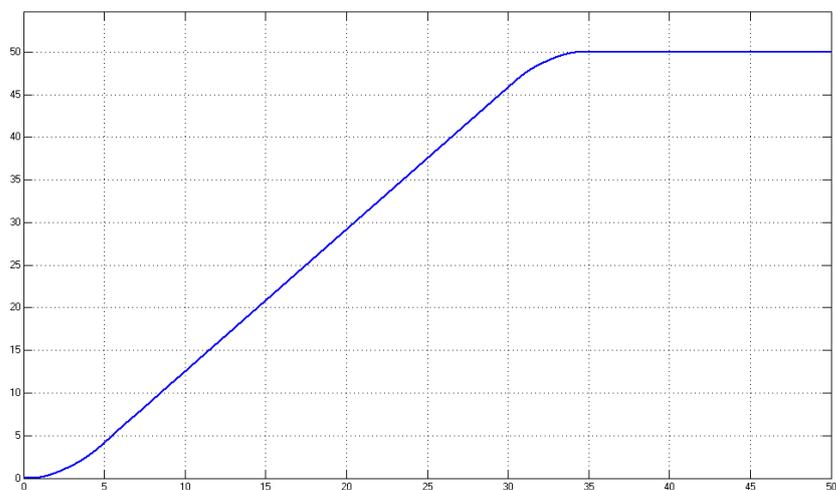


Рисунок 15 - Зависимость перемещения груза от времени при невесомом канате длиной 50 м

Рассмотрим скоростную характеристику (выход системы моделирования) для невесомого каната.

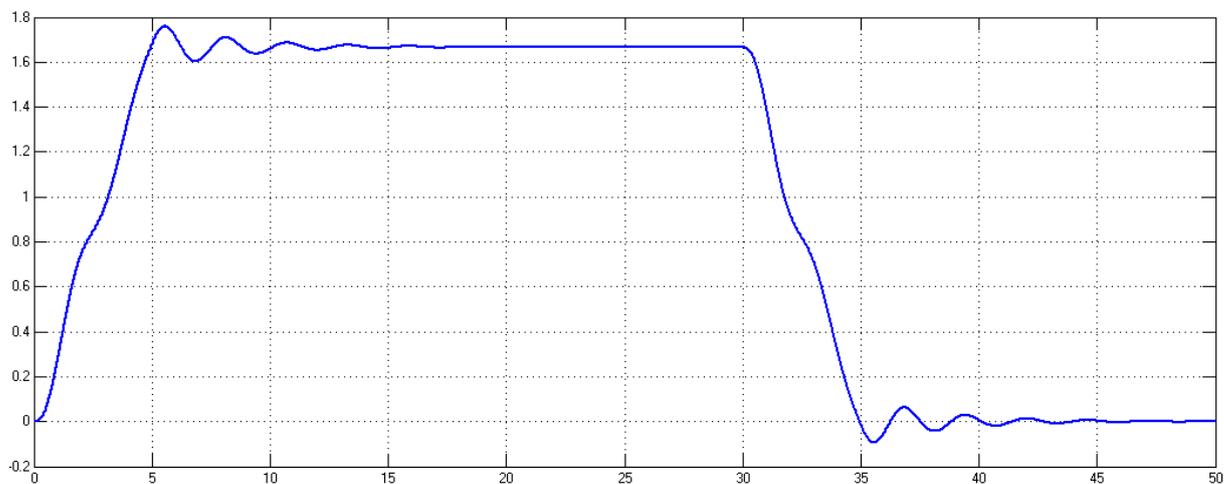
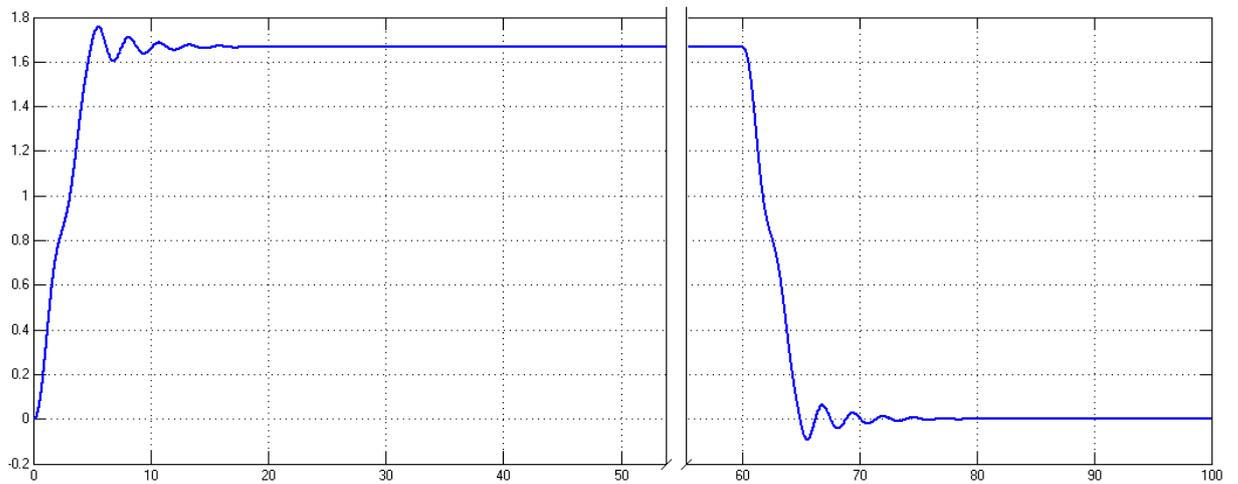


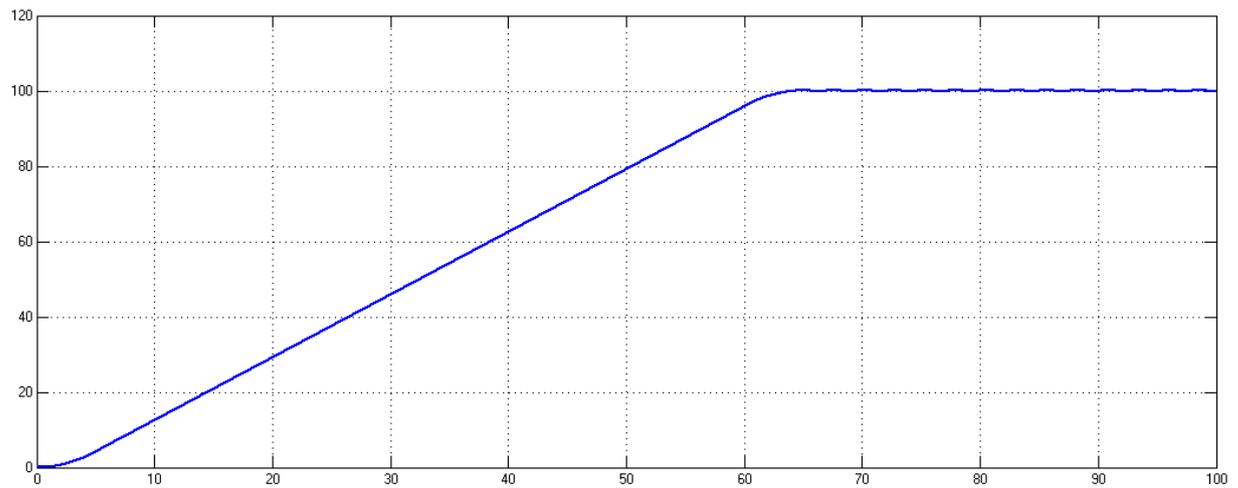
Рисунок 16 - Скоростная характеристика невесомого каната длиной 50 м

Сравним изменение динамических свойств грузоподъемной электромеханической системы без учета массы и с учетом массы длинного упругого каната длиной 100 метров.

В результате моделирования режима спуска груза без учета массы длинного упругого каната длиной 100 метров получен график изменения скорости груза для двух временных участков (рисунок 17).



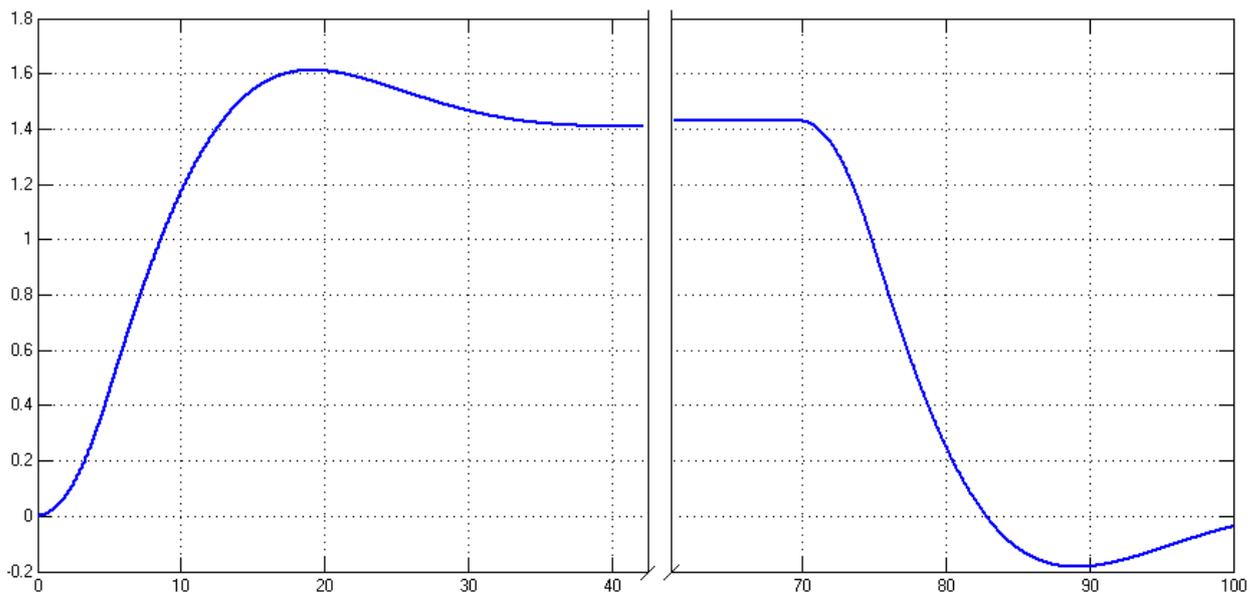
а)



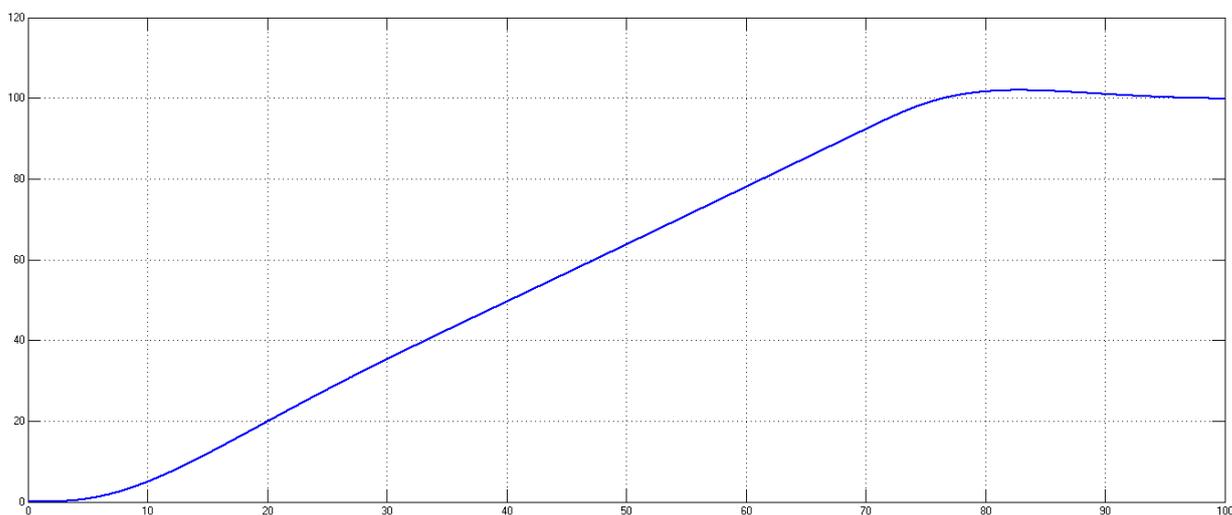
б)

Рисунок 17 - Графики изменения (для невесомого каната длиной 100 метров): а) скорости груза; б) перемещения груза

Для системы с учетом массы длинного упругого каната длиной 100 метров получим график изменения скорости груза для двух временных участков (Рисунок 18)



а)

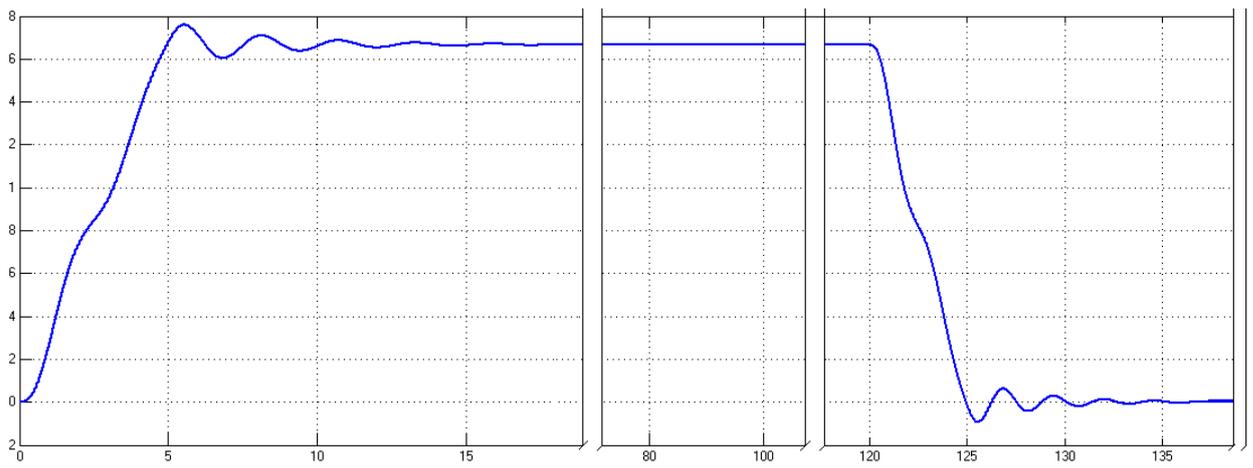


б)

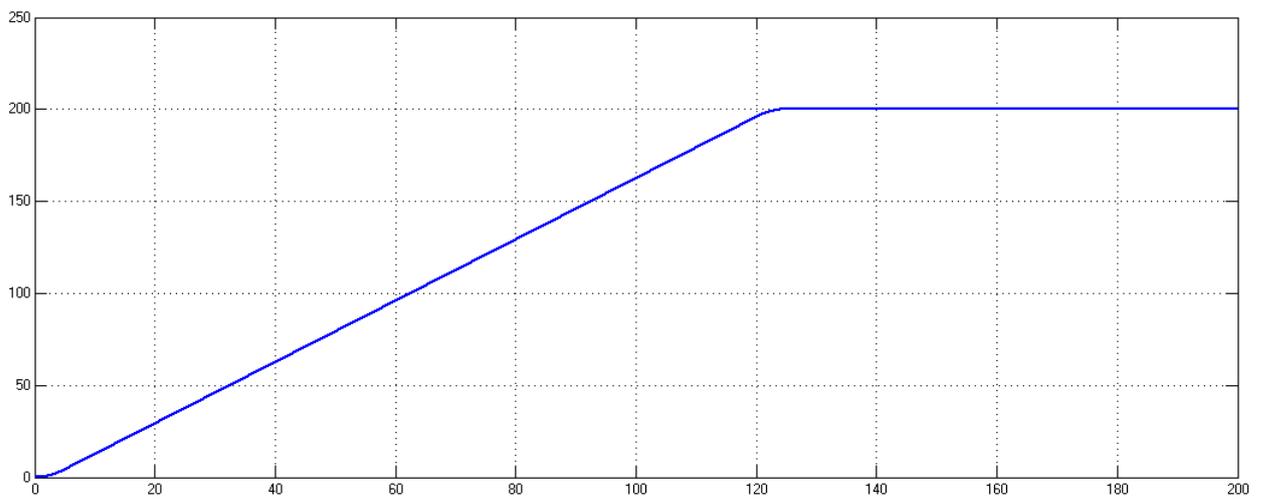
Рисунок 18 - Графики изменения (для тяжелого каната длиной 100 метров): а) скорости груза; б) длины каната

Проведем подобные исследования для канатов длиной 200, 300, 400 и 500 метров.

Для невесомого каната длиной 200 метров получим:



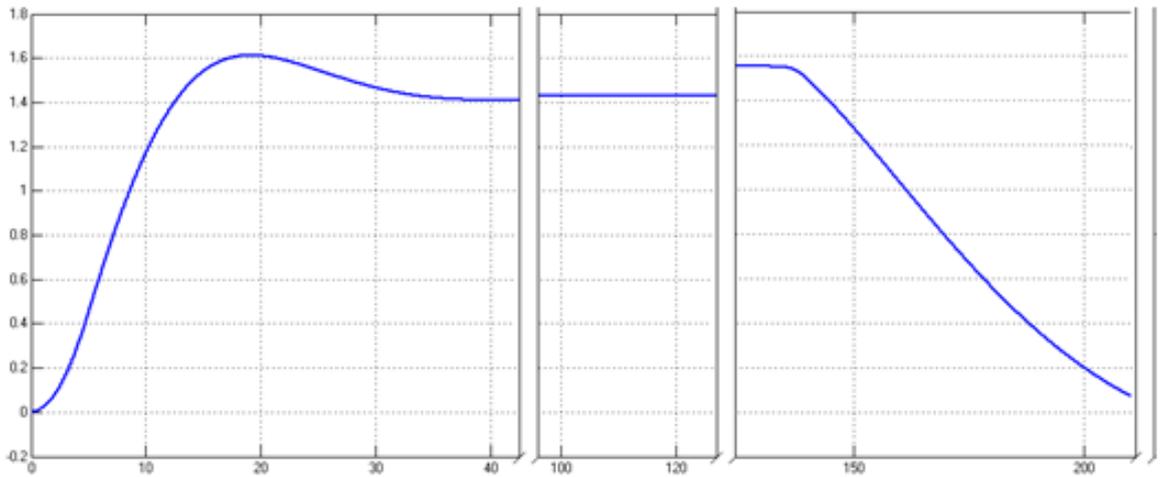
а)



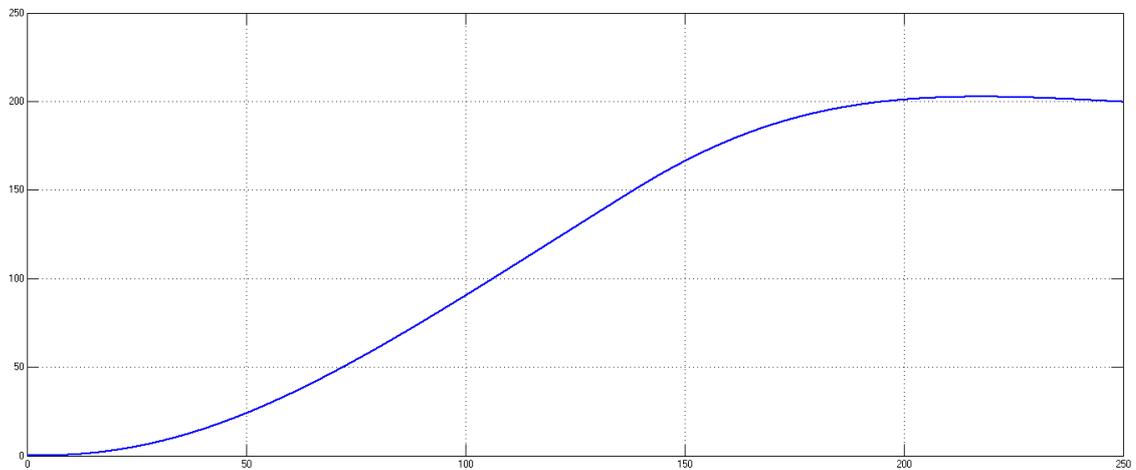
б)

Рисунок 19 - Графики изменения (для невесомого каната длиной 200 метров): а) скорости груза; б) длины каната

При тяжелом канате длиной 200 метров изменение скорости груза примет вид, показанный на рисунке 20а.



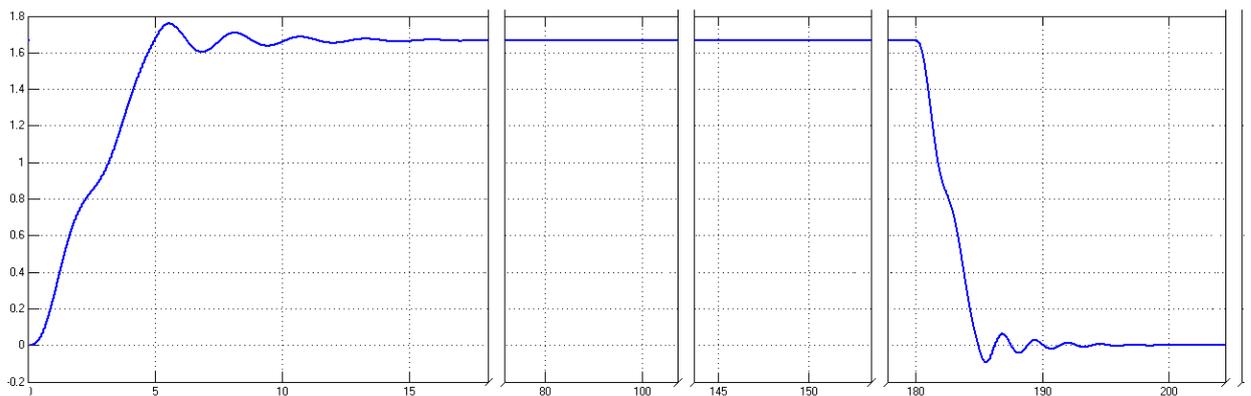
а)



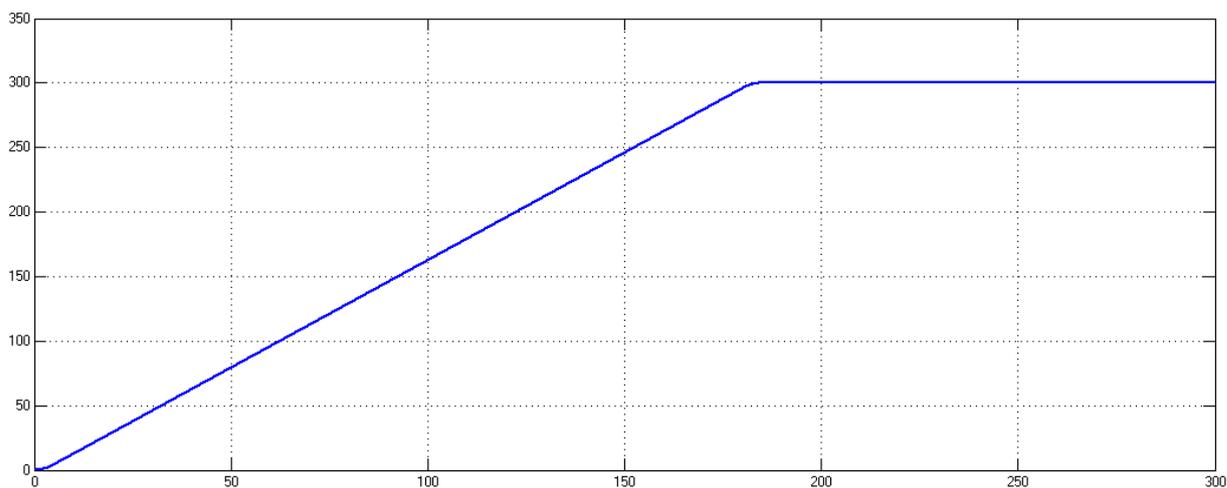
б)

Рисунок 20 - Графики изменения (для тяжелого каната длиной 200 метров): а) скорости груза; б) длины каната

Для каната 300 метров, получим:



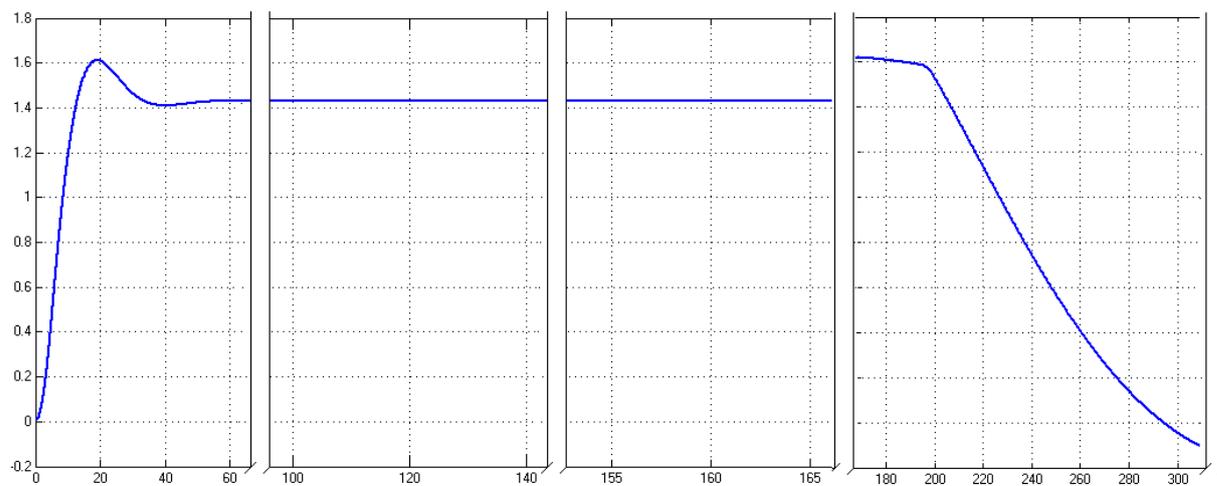
а)



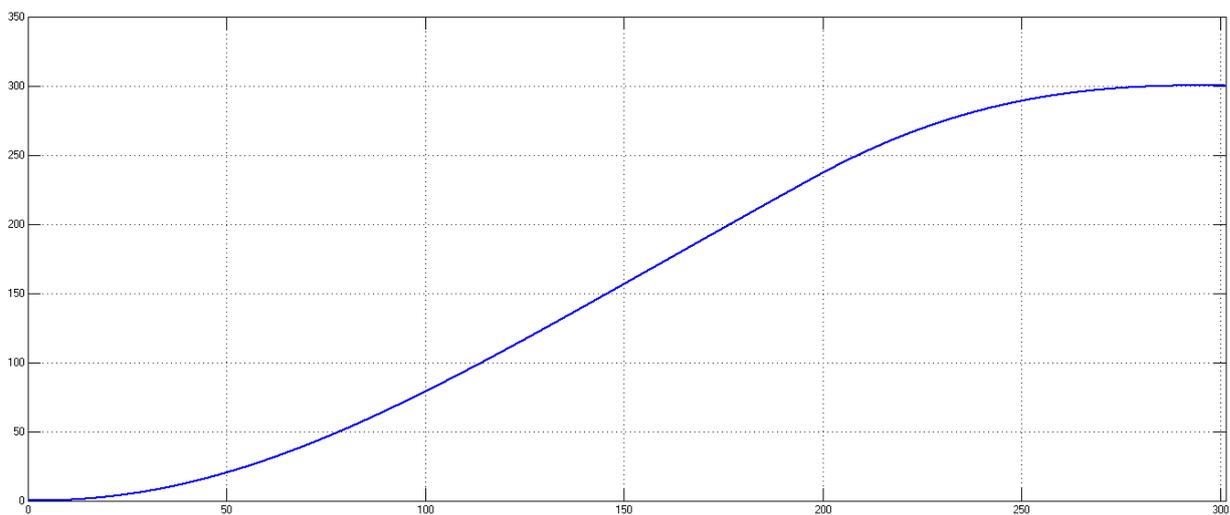
б)

Рисунок 21 - Графики изменения (для невесомого каната длиной 300 метров): а) скорости груза; б) длины каната

Для системы с учетом массы длинного упругого каната длиной 300 метров получим график изменения скорости груза для каждого временного участка (Рисунок 22а)



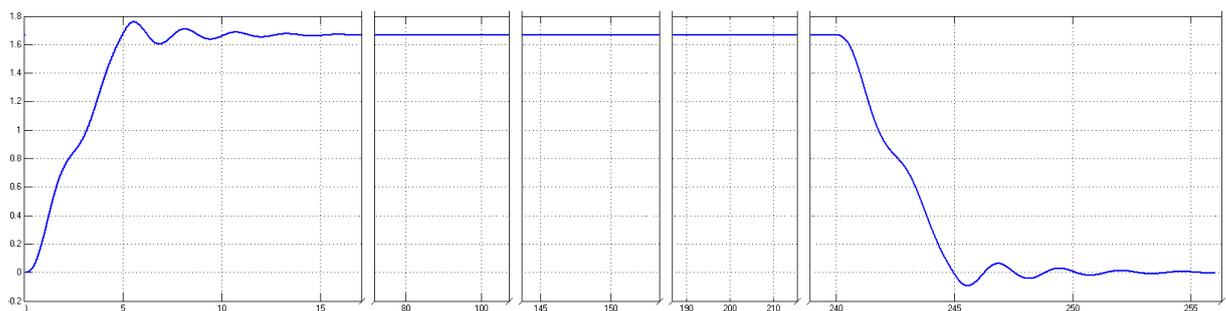
а)



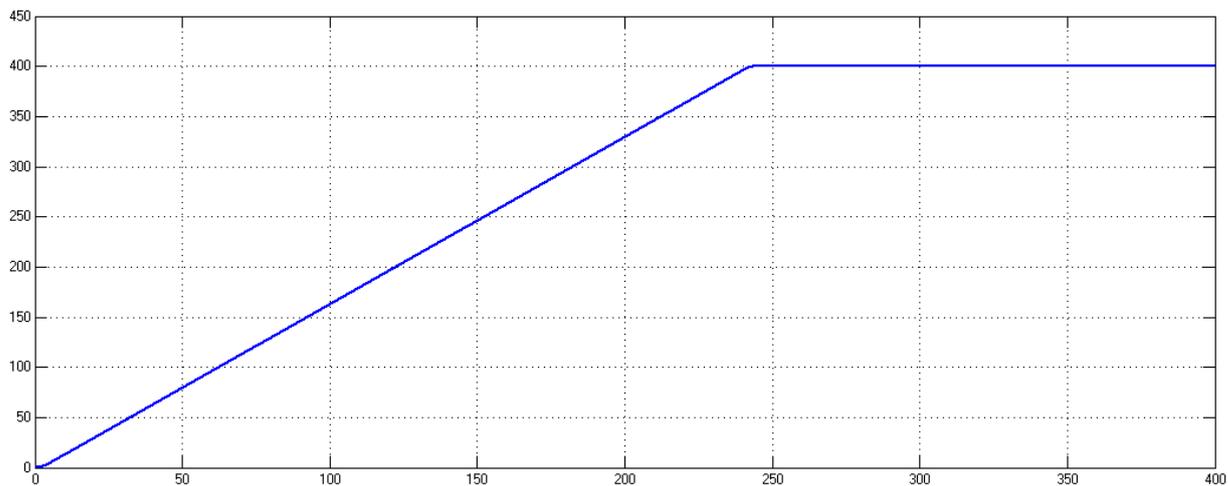
б)

Рисунок 22 - Графики изменения (для тяжелого каната длиной 300 метров): а) скорости груза; б) длины каната

Для невесомого каната длиной 400 метров получим:



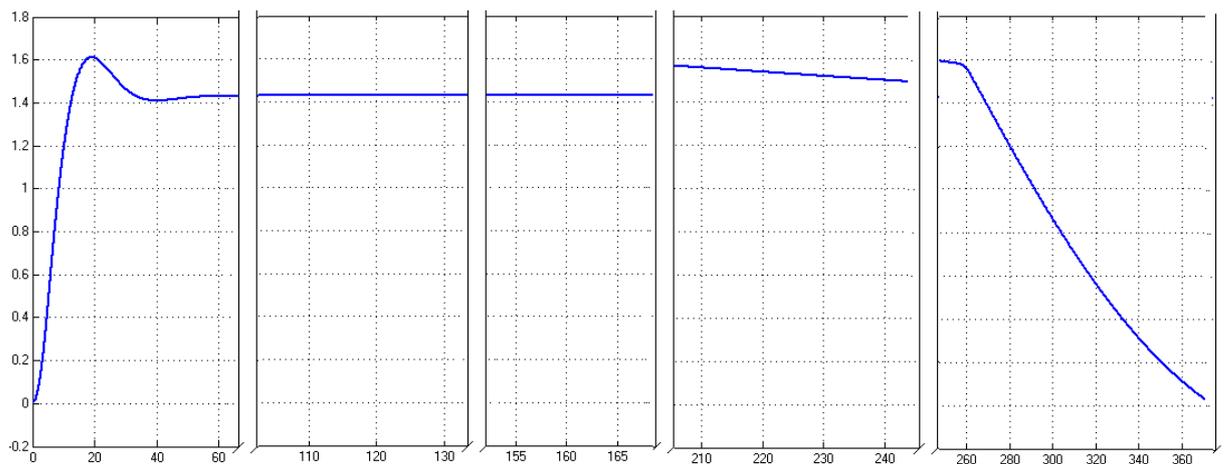
а)



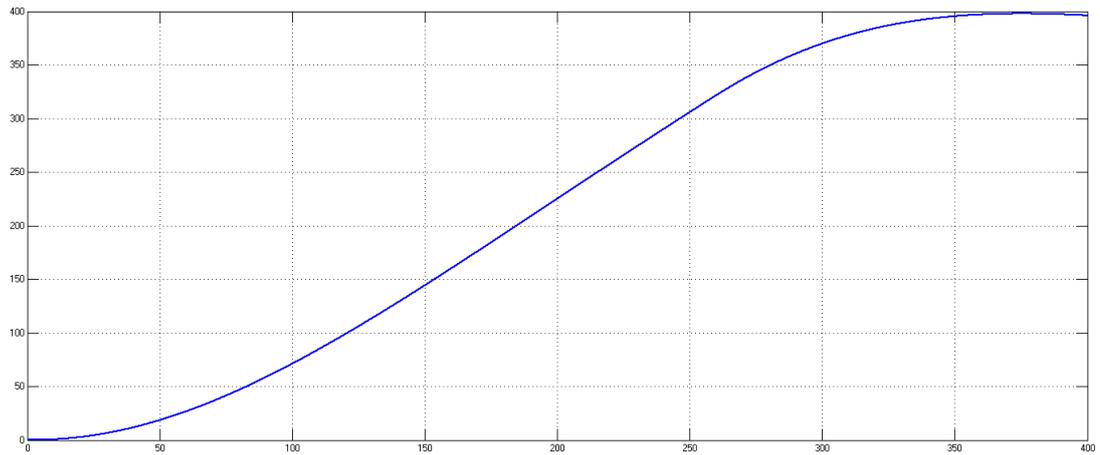
б)

Рисунок 23 - Графики изменения (для невесомого каната длиной 400 метров): а) скорости груза; б) длины каната

При тяжелом канате длиной 400 метров, изменение скорости груза примет вид, показанный на рисунке 24а.



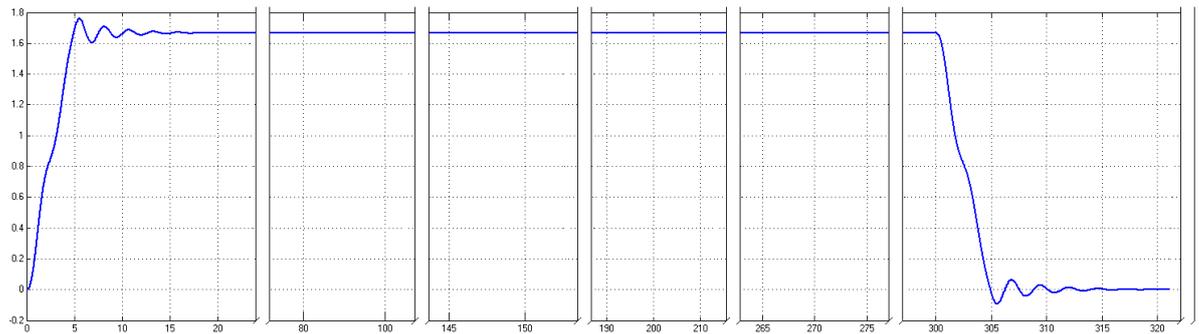
а)



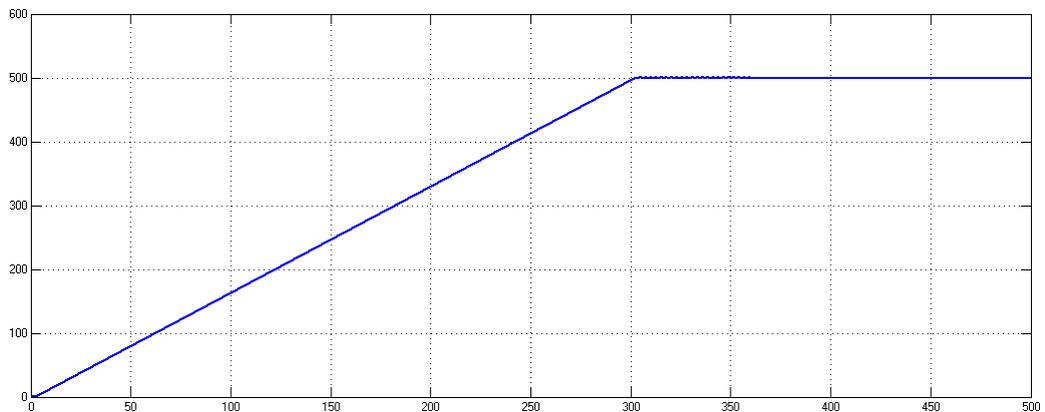
б)

Рисунок 24 - Графики изменения (для тяжелого каната длиной 400 метров): а) скорости груза; б) длины каната

В результате моделирования режима спуска груза без учета массы длинного упругого каната длиной 500 метров получен график изменения скорости груза для каждого временного участка (Рисунок 25а).



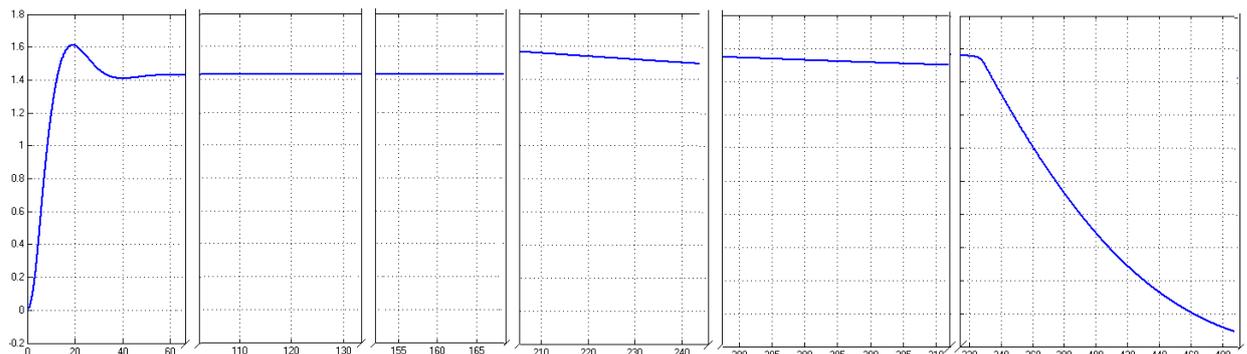
а)



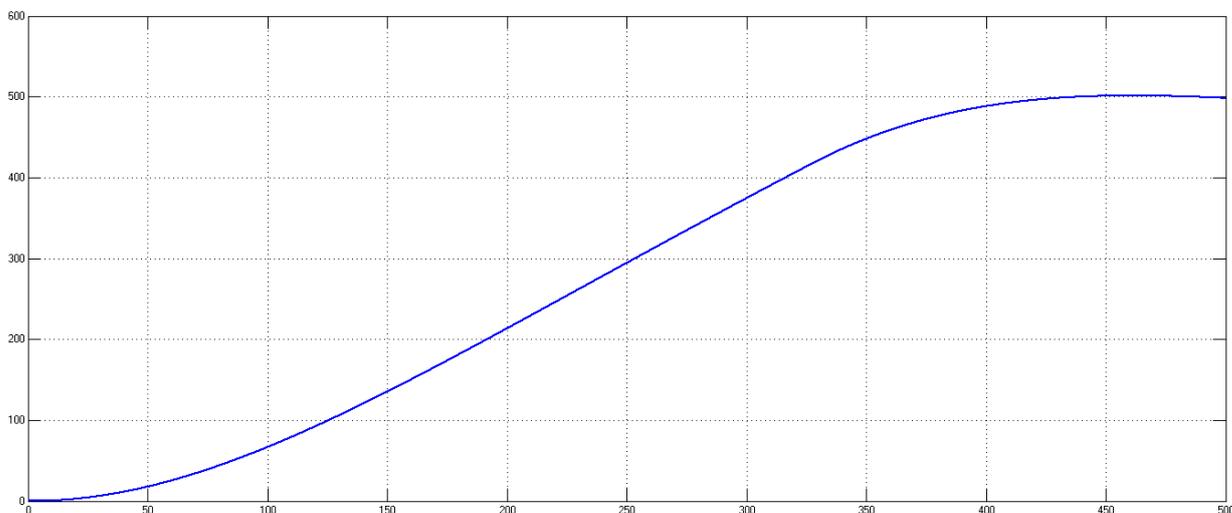
б)

Рисунок 25 - Графики изменения (для невесомого каната длиной 500 метров): а) скорости груза; б) длины каната

Для тяжелого каната длиной 500 метров получим:



а)



б)

Рисунок 26 - Графики изменения (для невесомого каната длиной 500 метров): а) скорости груза; б) длины каната

По полученным результатам моделирования можем сделать вывод, что при коротких канатах скорость подъема (опускания) груза практически не зависит от учета массы каната. Однако система с тяжелым (длинным) канатом обладает меньшим быстродействием по сравнению с системой, где канат той же длины считается невесомым. Можно заметить также, что быстродействие системы с тяжелым канатом уменьшается с увеличением его длины. При этом колебания в системе при учете массы каната имеют более низкую частоту.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

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

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продуктом разработки является ПО для расчета влияния длины каната на его скоростные характеристики и расчет быстродействия такой системы. Потенциальными потребителями моего исследования могут являться предприятия, в которых есть шахтные подъемы, подвесные канатные дороги, буксирные тросовые устройства, сверхдлинноволновые антенные устройства, канатные бревнотаски и другие устройства, имеющие в своей конструкции длинные упругие канаты. Сегментирование рынка произведено по следующим критериям: размер компании-заказчика и вид компании.

Таблица 1 - Карта сегментирования

Критерий		Вид компании	
		Предприятия по добыче полезных ископаемых закрытым способом	Предприятия по погрузке и разгрузке, использующие грузо-подъемные машины (ГПМ)
Размер компании	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		

 – компания по производству и продаже шахтных лифтов «SKY LIFT»

 – Димитровградский крановый завод

 – частные фирмы по расчету характеристик ГПМ

На карте сегментирования незанятыми являются ниша мелких предприятий по добыче полезных ископаемых закрытым способом, а также предприятия по погрузке и разгрузке, использующие грузоподъемные машины

(ГПМ) средних размеров. В соответствии с картой сегментирования, в качестве сегментов, на которые следует направить максимальные усилия и ресурсы по разработке ПО для расчета динамических свойств длинных упругих канатов, которое поспособствует оптимизации производства на мелких предприятиях по добыче полезных ископаемых закрытым способом, а также на предприятиях средних размеров по погрузке и разгрузке, использующие грузоподъемные машины (ГПМ).

4.1.2 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 2.

Таблица 2– Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок), где $B_{к1}$ – «Sky Lift», $B_{к2}$ – «Димитровградский крановый завод».

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в чтении и корректировке программного кода	0.15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
2. Потребность в ресурсах памяти компьютера	0.05	3	5	3	0,15	0,25	0,15
3. Функциональное исполнение канатов	0.1	5	3	1	0,5	0,3	0,1
4. Качество интеллектуального интерфейса	0.05	3	5	3	0,15	0,25	0,15
5. Возможность использования в автономном режиме	0.05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							

1. Конкурентоспособность ПО	0.1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
2. Уровень востребованности среди потребителей ПО	0.1	1	5	3	0,1	0,5	0,3
3. Цена	0.1	3	5	1	0,3	0,5	0,1
4. Финансирование разработки ПО	0.2	3	3	3	0,6	0,6	0,6
5. Срок исполнения	0.1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
Итого		36	46	30	3,7	4,4	3

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

Позиции конкурентов особенно уязвимы в потребности в ресурсах памяти и ценовом диапазоне. Так же в зоне уязвимости может оказаться финансирование научной разработки.

Конкурентное преимущество нашей разработки в функциональной мощности, сроке выхода на рынок и конкурентоспособности.

4.1.3 SWOT-анализ

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе.

Таблица 3 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей).</p> <p>С2. Функциональная мощность (предоставляемые возможности).</p> <p>С3. Конкурентоспособность продукта.</p> <p>С4. Срок выхода на рынок.</p> <p>С5. Высоко квалифицированный научный труд.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки.</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров.</p> <p>Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания ПО.</p> <p>Сл4. Уровень проникновения на рынок.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ для быстрого внедрения ПО на рынок.</p>	<p>Использование инновационной структуры ТПУ позволит повысить конкурентоспособность ПО и ускорить выход на рынок. Так же использование развитой международной</p>	<p>Появление дополнительного спроса на новый продукт может привести к отсутствию у потенциальных потребителей квалифицированных кадров.</p>

<p>В2. Использование развитой международной инфраструктуры для более быстрой доставки плат.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях.</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>инфраструктуры поможет ускорить выход ПО на рынок. Возможно появление дополнительного спроса на новый продукт благодаря использованию высококвалифицированного научного труда. Благодаря снижению таможенных пошлин на платы возможно повышение конкурентоспособности ПО.</p>	<p>Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях может привести к увеличению срока поставки плат, используемых для проведения научного исследования.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция производителей ПО.</p> <p>У3. Высокая стоимость оборудования и плат.</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии производства может замедлить срок выхода ПО на рынок и понизить квалификацию научного труда. Развитая конкуренция производителей ПО может привести к снижению конкурентоспособности продукта.</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии производства и высокая стоимость оборудования и плат может привести к отсутствию прототипа научной разработки, отсутствию потенциальных потребителей, необходимого оборудования для проведения испытания ПО, ухудшить уровень проникновения на рынок.</p>

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

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	0	+	0	+	+
	B2	0	0	0	+	0
	B3	+	+	+	0	-
	B4	0	0	0	+	0
	B5	0	0	-	0	0
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4	
	B1	0	0	0	0	

	B2	0	0	0	+	
	B3	0	-	0	0	
	B4	0	0	-	+	
	B5	0	0	0	0	
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	0	0	0	-	-
	У2	0	0	-	0	0
	У3	0	0	0	0	0
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4	
	У1	-	-	-	-	
	У2	0	0	0	0	
	У3	-	-	-	-	

Таким образом, сильные стороны проекта удовлетворяют его возможностям. Невысокая стоимость проекта, его простота 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.

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

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

Таблица 4 – Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Среда моделирования	MatLab	VisSim	Без среды моделирования
Б. Канат	С жесткостью $2 \cdot 10^8$ и с коэффициентом демпфирования $4 \cdot 10^4$	С жесткостью $2 \cdot 10^6$ и с коэффициентом демпфирования $4 \cdot 10^2$	С жесткостью $2 \cdot 10^4$ и с коэффициентом демпфирования 40
В. Двигатель	Коэффициент передачи $k = 100$	Коэффициент передачи $k = 500$	Коэффициент передачи $k = 1000$
Г. Регулятор	ПИ-регулятор	ПИД-регулятор	Без регулятора

Возможными комбинациями являются следующие варианты.

A1B1B1Г1 – среда моделирования MatLab, канат с жесткостью $2 \cdot 10^8$ и с коэффициентом демпфирования $4 \cdot 10^4$, двигатель с коэффициентом передачи $k = 100$ и ПИ-регулятор. Существующий вариант, наиболее эффективный в точки зрения разработчика.

A1B2B2Г3 – среда моделирования MatLab, канат с жесткостью $2 \cdot 10^6$ и с коэффициентом демпфирования $4 \cdot 10^2$, двигатель с коэффициентом передачи $k = 500$ и ПИ-регулятор. Система с такими параметрами является не устойчивой, вследствие чего от него пришлось отказаться.

A2B3B3Г2 – среда моделирования VisSim, канат с жесткостью $2 \cdot 10^4$ и с коэффициентом демпфирования 40, двигатель с коэффициентом передачи $k = 1000$ и ПИД-регулятор. Система с такими параметрами более быстродействующая, но параметры каната не удовлетворяют требованиям заказчиков.

4.3 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо оптимально планировать занятость каждого из его участников и сроки

проведения отдельных работ. На данном этапе составляется полный перечень проводимых работ, и определяются их исполнители и оптимальная продолжительность. Результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика. Для его построения составим перечень работ и соответствие работ своим исполнителям, продолжительность выполнения этих работ и сведем их в таблицу 5.

Таблица 5 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
Подготовительный этап		
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 80% И – 80%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 100%
Изучение предметной области	И	И – 100%
Анализ динамических свойств грузоподъемных электромеханических систем с учетом массы длинных упругих канатов		
Расчет модели, приведение полученных результатов	НР, И	НР – 30% И – 100%
Экономическое обоснование		
Анализ перспективности разработки, оценка целесообразности разработки и затрат	И	И – 100%
Анализ опасных и вредных производственных факторов		

Анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды, защита в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	И	И – 100%
Оформление полученных методик	И	И – 100%
Документирование		
Составление и согласование расчетно-пояснительной записки	НР, И	НР – 10% И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 100% И – 100%

4.3.1 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;
- экспертный.

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

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (4.1)$$

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице 6 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:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{К_{ВН}} \cdot К_{д}, \quad (4.2)$$

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

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

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

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (4.3)$$

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:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4.4)$$

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

$T_{ВД}$ – выходные дни;

$T_{ПД}$ – праздничные дни.

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

В таблице 6 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе

Таблица 6 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этапы работ	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Подготовительный этап								
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1	2	1	2	-	2	-
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	4	6	4	3	6	3	7
Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1	2	2	2	2
Изучение предметной области	И	7	10	8	-	10	-	12
Анализ динамических свойств грузоподъемных электромеханических систем с учетом массы длинных упругих канатов								
Расчет модели, приведение полученных результатов	НР, И	14	20	16	1	20	2	24
Оформление полученных методик	И	5	7	6	-	7	-	8
Экономическое обоснование								
Анализ перспективности разработки, оценка	И	3	5	4	-	5	-	5

целесообразности разработки и затрат								
Анализ опасных и вредных производственных факторов								
Анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды, защита в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	И	1	2	1	-	2	-	2
Документирование								
Составление и согласование расчетно-пояснительной записки	НР, И	3	5	4	-	5	-	5
Оформление графического материала	И	3	5	4	-	5	-	5
Подведение итогов	НР, И	1	2	1	2	2	2	2
Всего:				50	10	64	11	72

На основе таблице 6 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы 6 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 7 - Календарный план-график проведения НИОКР

Наименование работ	Длитель...	Мар			Апр				Май						
		26	Мар 5	Мар 12	Мар 19	Мар 26	Апр 2	Апр 9	Апр 16	Апр 23	Апр 30	Май 7	Май 14	Май 21	Май 28
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2			■ НР											
Составление и утверждение ТЗ	6			■ НР											
И	6			■ НР											
Разработка календарного плана	2				■ НР										
И	2				■ НР										
Изучение предметной области	10					■ НР									
Расчет модели, приведение полученных результатов	20						■ НР								
И	20						■ НР								
Оформление полученных методик	7								■ НР						
И	7								■ НР						
Анализ перспективности разработки, оценка целесообразности разработки и затрат	5									■ НР					
И	5									■ НР					
Анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды, защита в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	2										■ НР				
И	2										■ НР				
Составление и согласование расчетно- пояснительной записки	5											■ НР			
И	5											■ НР			
Оформление графического материала	5												■ НР		
И	5												■ НР		
Подведение итогов	2													■ НР	
И	2													■ НР	

4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материалы и покупные изделия;
- основная заработная плата;
- отчисления в социальные фонды;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;

- работы, выполняемые сторонними организациями;
- прочие расходы.

4.4.1 Расчет затрат на ПО

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам и приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на ПО

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Компьютер	57 000	1 шт.	57 000
Итого			57 000

В статье «Амортизационные отчисления» от используемого оборудования рассчитывается амортизация за время выполнения работы для оборудования, которое имеется в наличии. Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ЭВМ по формуле:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{OB}}{F_D} \cdot t_{рф} \cdot n$$

где N_A – годовая норма амортизации, $N_A = 25\%$;

C_{OB} – цена оборудования, $C_{OB} = 57\,000$ руб.;

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени, $F_D = 2384$ часа;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования при создании программного продукта, $t_{рф} = 317$ часа;

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

Итак, затраты на амортизационные отчисления составили:

$$C_{AM} = \frac{0,25 \cdot 57000}{2384} \cdot 317 \cdot 1 = 1895$$

4.4.2 Расчет основной заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

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

$$СГ_i = \frac{МО}{24,83}$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 9. При расчете учитывалось, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце 24,83 рабочих дня. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 7. Также был принят во внимание учитывающий коэффициент дополнительной заработной платы $К_{ДЗП} = 1,1$; $К_{доп.ЗП} = 1,188$; $К_r = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $К_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$.

Таблица 9 - Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Фонд з/платы, руб.
НР	23 264,86	936,97	9	14 327
И	14 584,32	607,68	61	37 068
Итого				51 395

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили

$С_{осн} = 54 395$ руб.

4.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$C_{доп} = k_{доп} * C_{осн}$$

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

Таблица 10 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнитель	Отчисления на дополнительную заработную плату, руб.
НР	2 149
И	5 560

4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (C_{осн} + C_{доп}), \quad (13)$$

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

Таблица 11 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
НР	14 327	2 149
И	37 068	5 560
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	$k_{\text{внеб}} = 27,1\%$	
Итого:	16 017	

$$C_{\text{внеб}} = 16\,017 \text{ руб}$$

4.4.5 Прочие расходы

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

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Блокнот	40	2 шт.	80
Бумага для принтера формата А4	150	2 уп.	300
Ручка шариковая	10	4 шт.	40
Карандаш	10	2 шт.	20
Стирательная резинка	5	2 шт.	10
Электроэнергия	5,8 руб кВт*ч	120 кВт*ч	696
Покупка лицензии Matlab (1 исполнение)	98 981	1 шт	98 981
Покупка лицензии VisSim (3 исполнение)	130 504	1 шт	130 504
Итого:		1 исполнение	100 127
		3 исполнение	131 200

4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 12.

Таблица 12 - Расчёт бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НИИ	57 000
Амортизация	-1895
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	51 395
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7 709
Отчисления во внебюджетные фонды	16 017
Накладные расходы (1 исполнения)	100 127
Накладные расходы (3 исполнение)	131 200
Бюджет затрат НИИ (1 исполнение)	230 353
Бюджет затрат НИИ (2 исполнение)	31 073
Бюджет затрат НИИ (3 исполнение)	261 426

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший

интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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 (в том числе аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить 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 i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального финансового показателя приведен в таблице 13

Таблица 13 – Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Вариант схемы	Φ_{\max} , руб.	Φ_{pi} , руб.	$I_{фин}^{исп.i}$, о.е.
1е исполнение	261 426	230 353	0.88
2е исполнение		31 073	0.11
3е исполнение		261 426	1

Второй вариант имеет наименьший интегральный показатель среди трёх конкурентных технических решений, но в то же время имеет недостаточную функциональность.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 14.

Таблица 14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исслед. Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Уровень новизны	0,3	5	5	5
2. Теоретический уровень	0,3	5	3	3
3. Возможность реализации	0,4	5	3	3
ИТОГО	1	5	3,6	3,6

$$I_{p-исп1} = 5*0,3 + 5*0,3 + 5*0,4 = 5;$$

$$I_{p-исп2} = 5*0,3 + 3*0,3 + 3*0,4 = 3,6;$$

$$I_{p-исп3} = 5*0,3 + 5*0,3 + 5*0,4 = 3,6.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (4.12)$$

Таблица 15 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	3,6	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	5	3,6	3,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,39	1	1

Таким образом, исполнение № 1 является наиболее функциональным и ресурсоэффективным по сравнению с исполнениями № 2 и № 3. Все 3 исполнения с финансовой точки зрения одинаково эффективны.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Объектом исследования является моделирование системы.

При анализе динамических свойств грузоподъемных электромеханических систем с учетом массы длинных упругих канатов, 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 грузоподъемных электромеханических систем с учетом массы длинных упругих канатов [11].

1. Производственная безопасность

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

При разработке устройства могут возникнуть вредные и опасные факторы. Используя ГОСТ 12.0.003-74 [12], можно выделить ряд факторов, приведенных в таблице 16. Так же приведены источники факторов и нормативные документы, регламентирующие действие каждого фактора.

Таблица 16 – Опасные и вредные факторы при разработке устройства

Источник фактора	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Персональный компьютер	1. Показатели микроклимата 2. Шум 3. Освещенность 4. Электромагнитные излучения	1. Электрический ток	1. СанПиН 2.2.4.548–96 [13] 2. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [14] 3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [15] 4. СНиП 23-05-95 [16]

			5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [17] 6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340- 03 [18] 7. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ [19]
--	--	--	---

1.1.1 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [18] работа инженера-программиста относится к категории легких работ (А1). Категория А1 относится к работам с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548–96, показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Оптимальный микроклимат на рабочем месте обеспечивает ощущение теплового комфорта в течение работы при минимальном напряжении механизмов терморегуляции человека, не вызывает отклонений состояния здоровья, обеспечивает условия для высокого уровня работоспособности и является предпочтительным на рабочем месте.

Лаборатория является помещением, относящимся к категории помещений, где выполняются легкие физические работы, поэтому должны соблюдаться следующие требования:

Таблица 17 – Допустимые значения показателей микроклимата по СанПиН 2.2.4.548–96

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

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.

Радиаторы должны устанавливаться в нишах, прикрытых деревянными или металлическими решетками. Применение таких решеток способствует также повышению электробезопасности в помещениях. При этом температура на поверхности нагревательных приборов не должна превышать 95 °С, чтобы исключить пригорание пыли.

1.1.2 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 [20]. Источниками шумов могут стать вентиляционные установки, кондиционеры, ЭВМ и его периферийные устройства. Длительное воздействие этих шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала.

Снизить уровень шума можно при помощи звукопоглощающих материалов, предназначенных для отделки стен и потолка помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создается за счет использования занавесок из плотной ткани. Также уровень шума может быть снижен путем очистки или замены системы охлаждения персонального компьютера.

ПДУ шума для объектов типа поста управления нормируются ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Значения ПДУ согласно этим документам представлены в таблице 18. (для постоянных шумов)

Таблица 18 – Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ПУ	83	74	68	63	60	78	55	54	65

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка).

1.1.3 Недостаточная освещенность

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%. Для общего освещения помещений следует использовать лампы со световой отдачей не менее 55 лм/Вт. Для освещения помещений, оборудованных персональными компьютерами, следует применять систему общего освещения. Также допускается применение комбинированного освещения с целью дополнительного освещения бумажного носителя при исключении засветки от экрана монитора.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, по ГОСТ Р 55710-2013, 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.

1.1.4. 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 [11].

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

Показатели ЭМИ и ЭСИ на рабочих местах с ПК представлены в таблице 19 [22].

Таблица 19 – Допустимые уровни напряженности электромагнитных полей по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

Параметры воздействия, частота излучения	Допустимые значения
Статическое поле	20 000 В/м
На расстоянии 50 см вокруг - диапазон частот 5Гц – 2кГц - диапазон частот 2 – 400 кГц	25 В/м 2,5 В/м
Переменное поле на расстоянии 50 см вокруг	0,25 А/м
Магнитная индукция не более - диапазон частот 5 Гц – 2кГц - диапазон частот 2 – 400 кГц	250 нТл 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не более	500

Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может привести к дыхательной, нервной и сердечнососудистой систем, головным болям, утомляемости. Для обеспечения меньшего уровня электромагнитного излучение использован жидкокристаллический монитор. Необходимо чтобы компьютер был заземлен, а так же необходимо по возможности сокращать время работы за компьютером.

1.1.4 Электробезопасность

Электрический ток относится к категории опасных факторов. В помещении, где производится разработка устройства, присутствует большое количество аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц, в том числе персональный компьютер за которым происходит наладка программного обеспечения. Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ [19] и ПУЭ, по опасности электропоражения данное помещение относится к помещениям без повышенной опасности. Это обусловлено отсутствием высокой влажности, высокой температуры, токопроводящей пыли и возможности одновременного соприкосновения с заземленными предметами и металлическими корпусами оборудования. Во время нормального режима работы оборудования опасность

электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незаземленного от земли человека к незаземленным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Мероприятия по устранению опасности поражения электрическим током сводятся к правильному размещению оборудования и применению технических средств защиты. К основным техническим средствам защиты от поражения электрическим током (ГОСТ ИЕС 61140-2012) относятся:

- изоляция токопроводящих частей;
- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;
- предупредительная сигнализация и блокировки.

Также рекомендуется проведение ряда организационных мероприятий (специальное обучение, аттестация и перееаттестация лиц электротехнического персонала, инструктажи и т. д.).

1.1.5 Психофизиологические 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.

1.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария)

Для создания и поддержания в лаборатории оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года должно использоваться водяное отопление, а в теплое время года применяться кондиционирование воздуха.

На рабочем месте должно применяться также искусственное освещение помимо естественного, которое осуществляется системой общего равномерного освещения, а при работе с документами следует применять комбинированное освещение. Кроме того, рабочий стол следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал слева.

Работа за компьютером относится к V зрительному разряду (работа малой точности).

Следовательно, требуемая освещенность помещения может быть

обеспечена следующими типами ламп:

- люминесцентная лампа белого свечения (ЛБ) или холодного белого свечения (ЛХБ);
- металл галогенная 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 [21].

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014[23] эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА.

В качестве мер по снижению шума можно предложить следующее:

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

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

1. 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 загрязнения 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 [24][25]. 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 [26].

2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Вероятной чрезвычайной ситуацией возникающей при проведении анализа динамических свойств системы автоматического регулирования скорости двигателя с интервальными параметрами является пожар.

При этом причинами возникновения пожара могут быть:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции;
- использование поврежденных (неисправных) электроприборов;
- использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;

- возникновение пожара вследствие попадания молнии в здание;
- возгорание здания вследствие внешних воздействий;
- неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Для профилактики пожара чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания, определение опасных факторов и обоснование способов и средств пожар предупреждения и защиты[27].

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности - ликвидация возможных источников воспламенения.

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

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

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

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

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

Рабочее место должно соответствовать требованиям ФЗ Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

По пожарной, взрывной, взрывопожарной опасности помещение относится к категории В – горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Основным поражающим фактором пожара для помещений данной категории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

В качестве средств пожаротушения применяются устанавливаемые в коридорах и на лестничных площадках пожарные краны. В качестве средства первичного средства пожаротушения следует использовать огнетушители, подходящие для тушения электроустановок, в частности, порошковые огнетушители. Углекислотные огнетушители также подходят для тушения электроустановок, однако, из-за опасности испарений огнетушащего вещества не подходят для использования в замкнутом помещении.

План эвакуации предоставлен на рисунке 27

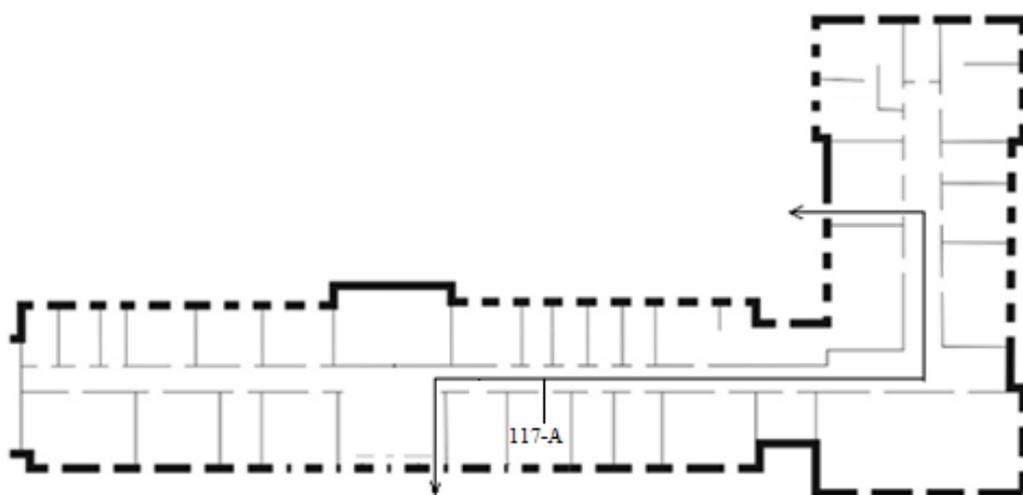


Рисунок 27 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса №10, пр. Ленина, 2, 1-й этаж

3. 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 [28].

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)°.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы проведен анализ динамических свойств грузоподъемных электромеханических систем с учетом массы длинных упругих канатов и без ее учета. Для этого получена модель длинного упругого каната, которая описывается уравнениями в матричной форме. Установлено, что канат может быть представлен двумерным линейным звеном входами которого являются удлинения концов каната, а выходами – приращения сил натяжения на этих концах. Также построены структурные схемы ЭМС для случаев невесомого и длинного упругих канатов. Оценка влияния учета массы каната основана на анализе переходных процессов в грузоподъемной системе. В результате анализа сделан вывод, что система с тяжелым (длинным) канатом обладает меньшим быстродействием по сравнению с системой, где канат той же длины считается невесомым. Можно заметить также, что быстродействие системы с тяжелым канатом уменьшается с увеличением его длины. При этом колебания в системе при учете массы каната имеют более низкую частоту.

Результаты компьютерного моделирования ЭМС с учетом массы длинного упругого каната подтвердили выводы, полученные на основании проведенных теоретических исследований.

В работе также рассмотрены вопросы финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения, вопросы социальной ответственности.

CONCLUSION

As a result of the work performed, an analysis was made of the dynamic properties of lifting electromechanical systems, taking into account the mass of long elastic ropes and without taking it into account, the parameters of which can be selected on the basis of the parameters required for studying the heavy rope. For this, a model of a long elastic cable was obtained, which is described by equations in the matrix form. Also, structural EMC circuits for weightless and long elastic ropes are constructed. To analyze the dynamic properties of the system, linear methods are used. During the analysis, it can be concluded that when simulating a system with a weightless rope, the resulting transient characteristics do not coincide with the characteristics of the transient process of a long elastic rope, this indicates that such a system will not reflect real processes. In the system, there are large delays and a small speed.

The results of computer simulation of electromechanical systems, taking into account the mass of the long elastic rope, confirmed the conclusions obtained on the basis of the theoretical studies.

The work also considers issues of financial management, resource efficiency and resource saving, issues of social responsibility.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Некоторые методы построения динамических моделей многомассовых механических систем с упругими звеньями / Г. Уалиев, З. Г. Уалиев, И. М. Уалиева // Известия кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова – 2015 г. – Т.36 – с. 106-113.
2. Математическая модель однобарабанной подъемной установки для производства гидропонной продукции / И. В. Головач, Г. М. Калетник, И. Е. Кравченко // Сборник научных трудов Винницкого национального аграрного университета – 2011 г. – № 9 – с. 151-155
3. Александров, М. П. Грузоподъемные машины : учебник для вузов / М. П. Александров. – М. :Высшая школа, 2000. – 552 с.
4. Кувшинов, Г.Е. Влияние морского ветрового волнения на глубоководный привязной объект: монография / Г.Е. Кувшинов, Л.А. Наумов, К.В. Чупина. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 215 с.
5. Кувшинов, Г.Е. Системы управления глубиной погружения буксируемых объектов: монография / Г.Е. Кувшинов, Л.А. Наумов, К.В. Чупина. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 285 с.
6. Терехов В.М. Учет упругости длинных канатов в динамике электропривода подъемников / В.М. Терехов // Электричество. – 1966. – № 3– С. 60-65.
7. Представление длинных упругих канатов в системах автоматического регулирования / В. А. Бейнарович, А.Г. Бородин, А.Д. Кожуховский, С.А.Копанез, Л.С. Удут // Известия Томского политехнического института. – 1975 . – Т. 285. – С. 100-104.
8. Уменьшение динамических нагрузок в канатах барабанных подъемников / Т. Н. Осипова, А. П. Нестеров // Восточно-Европейский журнал передовых технологий – 2011 г. – № 68 – с. 17-22
9. Тургенев Д.В. Анализ трехмассовой механической системы для безредукторного привода лифтовой лебедки / Д.В. Тургенев //

Электротехнические комплексы и системы управления : журнал. – 2012. – № 1 (25) – С. 59 – 63.

10. Стратегии качественного управления многомассовыми электромеханическими системами / Е. В. Полилов, В. И. Бугаев, А. А. Медеяев и др. // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Проблемы автоматизированного электропривода. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2013. – № 36 (1009). – С. 86-96.

11. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера://под ред. Проф. В.Ф. Панина. – М: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. – 284с.

12. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

13. СанПиН 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

14. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки».

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

16. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий».

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

19. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

20. Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие/Амелькович Ю.А., Анищенко Ю.В., А. Н. Вторушина, М. В. Гуляев, М. Э. Гусельников, А. Г. Дашковский, Т. А. Задорожная, В. Н. Извеков, А. Г.

Кагиров, К. М. Костырев, В. Ф. Панин, А. М. Плахов, С. В. Романенко. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 236с.

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

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

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

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

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

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

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

28. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования