

Школа Инженерная Школа Неразрушающего Контроля и Безопасности
 Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка подвеса для исследования характеристик CubeSat-ов

УДК629.782-219.5-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Куанышбекулы Нурасыл -		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Баранов Павел Фёдорович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

P13	Проектировать, конструировать, проводить необходимые инженерные расчеты и испытания для обеспечения качественной и надежной работы высокотехнологичных электронных и механотронных приборов, систем и устройств и средств их испытаний.
P14	Проводить сопровождение технологического процесса изготовления изделий микроэлектроники.
P15	Проектировать, конструировать, проводить моделирование, верификацию и уточнение разработанных микро и наноразмерных электромеханических систем и цифровых схем для их управления включая разработку физического прототипа.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная Школа Неразрушающего Контроля и Безопасности
 Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Иванова В.С.
 (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
1А6Б	Куанышбекулы Нурасыл -

Тема работы:

Разработка подвеса для исследования характеристик «CubeSat»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.02.2020 №43-64/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	12.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Подвес для испытаний спутника типа «CubeSat»
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: <ol style="list-style-type: none"> 1. Провести обзор литературы. 2. Разработать конструкцию повеса 3. Разработать структурную и принципиальные схемы системы управления подвесом. 4. Разработать программный код для системы управления подвесом

Перечень графического материала	структурная и принципиальные схемы системы управления подвесом, 3Д модель подвеса
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.02.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Баранов Павел Фёдорович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Куаньшбекулы Нурасыл -		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Куанышбекулы Нурасылу -

Школа	ИШНКБ	Отделение школы	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет исследования не более 500 000руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расходы на ресурсы не должны превышать 100000 руб. Значение показателя интегральной ресурсоэффективности - не менее 4 баллов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Система налогообложения – ОСНО. Процент отчислений с зарплат во внебюджетные фонды принять 27,1%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	– Проведение предпроектного анализа; – Выявление потребностей заказчика; – Анализ конкуренто-технических решений; – Технология Quad – Проведение SWOT-анализа;
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	– Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ; – Разработка графика проведения НИИ; – Расчет материальных затрат НИИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	– Оценка социальной и сравнительной эффективности исследования;
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Л.Ю.	Кандидат экономических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Куанышбекулы Нурасылу –		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Куанышбекулы Нурасылу -

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Тема ВКР:

Разработка подвеса для исследования характеристик CubeSat-ов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является подвес для исследования характеристик CubeSat-ов Разрабатывается подвес для исследования характеристик CubeSat-ов. Рабочая зона – 4 корпус 35 кабинет. Материалы и оборудование: 3 электродвигателей (2 шаговых двигателей и 1 сервопривод), 2 драйвера для шаговых двигателей, плата Arduino nano, компьютер, питание для драйверов.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы проектируемой производственной среды; – разработать мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – неудовлетворительное освещение; – неудовлетворительный микроклимат; – электробезопасность;
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – анализ влияния объекта исследования на окружающую среду; – анализ влияния процесса исследования на окружающую среду;

<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС-пожар; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; — разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий; – Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
---	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Куанышбекулы Нурасыл –		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная Школа Неразрушающего Контроля и Безопасности
 Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

Дата контроля	Название раздела /вид работы	Максимальный балл раздела
15.02–29.02	Сбор и анализ литературы по теме «CubeSat», система тестирование «CubeSat»	40
01.03–15.03	Проектирование макета подвеса для исследования «CubeSat»	40
15.03–30.03	Сборка макета	40
01.04–10.04	Финансовая менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	40
11.04–30.04	Социальная ответственность	40
01.05–30.05	Программирование макета	35
01.06–10.06	Заключение	35

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭИ	Баранов Павел Фёдорович	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	К.Т.Н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит страниц 88, рисунков 32, таблиц 34, список использованных источников 31.

Ключевые слова: CubeSat, наноспутник, шаговый двигатель, драйвер для шагового двигателя.

Объектом исследования является подвес для исследования характеристик CubeSat

Целью работы является разработать подвес, который позволит проводить испытания спутников типа «CubeSat» системы ориентации и навигации в пространстве, что существенно упростит проектирование аналогичных спутников и приведет к удешевлению процессов испытания.

В процессе исследования проводился обзор литературы на предмет возможных подвесов.

В результате исследования была сформирована структурная схема макета, создан макет

Область применения: исследование показывает, что областью применения является космическая отрасль, в которой применяются наноспутники «CubeSat»

Экономическая значимость работы заключается в поиске возможностей технической реализации прибора отечественной конструкции и производства, способного конкурировать с зарубежными аналогами. В будущем планируется проведение точных расчётов на данную тематику, построение опытного макета и проведение ряда опытов для дальнейшего построения прибора.

В будущем планируется собрать стенд и провести исследование характеристик CubeSat.

Оглавление

Реферат	10
Введение.....	12
1 Обзор литературы	14
1.1 CubeSat	14
1.2 Система тестирование CubeSat.....	16
1.2.1 Стенд полунатурного моделирование система ориентации и стабилизации от компании Спутникс	19
1.3 Карданов подвес	22
1.4 Электродвигатели.....	23
2 Проектирование макета	27
2.1 Выбор электродвигателей	27
2.2 Конструирование макета	30
3 Программирование макета	34
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	42
5 Социальная ответственность	65
Заключение	81
Список использованных источников	82
Приложение А	85
Приложение Б.....	86

Введение

В последние годы активно обсуждается тенденция снижения массы космических аппаратов (КА), выражающаяся, в том числе, в применении малых форматов КА

Таблица 1 – Классы малых КА

Класс космических аппаратов	Диапазон масс
Фемтоспутник	10 –100 г.
Пикоспутник	<1кг.
Наноспутник	1 – 10 кг.
Микроспутник	10 – 100 кг.
Малые космические аппараты массового диапазона	100 – 500кг.

Действительно, прогресс в миниатюризации позволяет значительно снизить массу отдельных составных частей и, как следствие, массу всего КА. Малые КА относительно недороги, легко модифицируются для решения определенной задачи, создают меньше радиопомех, обеспечивают значительное увеличение оперативности получения потребителем данных наблюдения за счет создания необходимой по численности группировки малых аппаратов. Их применение способствует уменьшению рисков, связанных с запуском на орбиту и работой в космосе, снижая финансовые потери в случае отказа или утраты такого спутника. Малые КА позволяют отрабатывать новые технологии и эффективно решать отдельные конкретные задачи космических исследований в различных областях науки. Малые аппараты меньшей массы такие как нано-, служат для «демократизации» космической деятельности, позволяя, в частности, реализовывать космические программы университетов. [1] Малые КА могут пригодиться фермерам, экологам, биологам.

Формат CubeSat был предложен в 2000 г. как стандарт относительно дешевых любительских спутников, собранных из кубиков с гранью 10 см и весом порядка 1 кг (1U). Были также установлены ориентиры по времени разработки

спутников (не более 1–3 лет). CubeSat – наиболее активно начали развиваться после 2010г., когда стало ясно, что в «литровом» объеме можно разместить и служебные системы, и целевую аппаратуру с достаточно серьезными характеристиками, а на рынке появилось множество предложений стандартных бортовых систем.

Целью работы является разработать подвес, который позволит проводить испытания спутников типа «CubeSat» системы ориентации и навигации в пространстве, что существенно упростит проектирование аналогичных спутников и приведет к удешевлению процессов испытания

1 Обзор литературы

1.1 CubeSat

CubeSat – формат малых (сверхмалых) искусственных спутников Земли для исследования космоса, имеющий размеры 10×10×10см, а вес 1.33 кг. Как выглядит спутник CubeSat на рисунке 1. В ходе исследования было замечено, что спутник CubeSat состоит из трех основных блоков: основной стек электронных устройств, сборочный каркас и солнечные панели [2]. Соединения между блоками выполняются с помощью кабельной сети.

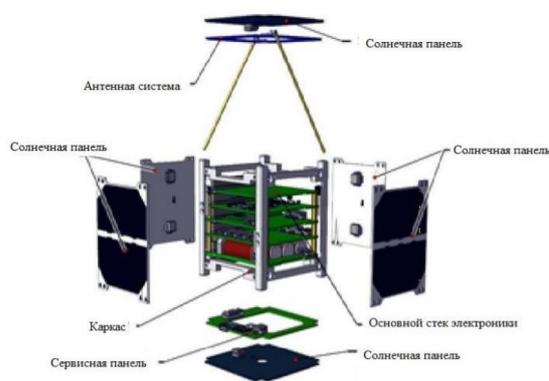


Рисунок 1 – Аппаратура спутника форм-фактора 1U

CubeSat зачастую оснащены множеством бортовых компьютеров для проведения исследований, а также для управления ориентацией, подруливающими устройствами и коммуникациями. Как правило, обилие бортовых компьютеров позволяет перераспределить нагрузку в случае избытка данных. Основной компьютер отвечает за делегирование задач другими компьютерами — например, управление ориентацией, расчет орбитальных маневров и планирование задач. Также основной компьютер можно использовать для выполнения задач, связанных с грузом, вроде обработки изображений, анализа данных и сжатия данных [3].

В основном наноспутники используются для тестирования новых технологий, комплектующих, материалов, программного обеспечения и т.д., которое в будущем сможет найти применение в других областях космической науки.

Но наноспутники часто запускают в космос в научных (образовательных целях) и в интересах образовательных учреждений (институтов или университетов). В таких случаях студенты и преподаватели собирают спутники собственными усилиями, тем самым отрабатывая процесс создания, подготовки к запуску и управления космическим аппаратом в космосе. Обычно студенческие наноспутники имеют открытый борт. Это означает, что все данные, которые передаются с борта спутников можно попробовать принять любому желающему. Для этого нужно иметь соответствующую приемную аппаратуру и знать частоту борта (частоту на которой спутник передает на Землю данные) [4].

Несмотря на малый размер, современные наноспутники имеют широкую область применения:

- от попыток дистанционного зондирования Земли до космических наблюдений;
- отработка новейших технологий, методов и программно-аппаратных решений;
- образовательные программы;
- экологический мониторинг;
- исследования геофизических полей;
- астрономические наблюдения [5].

Размеры наноспутников «CubeSat» маленькие и поэтому при запуске могут крепиться на внешней стороне полезной нагрузки или на средствах выведения. И это существенно уменьшает цену запуска наноспутников, так как на одном летательном аппарате можно запустить несколько спутников.

Есть несколько способов выведения малого космического аппарата в космос:

- с помощью контейнера «поли-пикоспутникового орбитального развертывателя», который, располагается на ракете. Когда ракета достигает нужной высоты, контейнер открывается, и специальная пружина выталкивает спутники, затем малые космические аппараты начинают свою работу. Они заходят в зону низкоорбитальных спутников, которая расположена в пятидесяти километров от земли [6];

–второй способ похож с первым, только вместо контейнера малых космических аппаратов, запускает сам астронавт со всей силой.

1.2 Система тестирование CubeSat

При изготовлении космического аппарата важной задачей является проверка работоспособности его служебных систем [7]. Для отработки систем ориентации и стабилизации космических аппаратов используются стенды [8], имитирующие определенное положение в пространстве космического аппарата и создающие набор внешних факторов, соответствующих воздействиям на космический аппарат в космосе.

В настоящее время не так много систем тестирование CubeSat. Одним из таких представителей является отечественный стенд трёхосного обезвешивания малого космического аппарата для наземной экспериментальной обработки системы ориентации и стабилизации. Этот стенд был создан 10 октября 2013 года в Московском Государственном Техническом Университете имени Н.Э.Баумана. Данный стенд используется для испытаний системы ориентации и стабилизации МКА на примере спутника «Бауманец-2».

В состав разработанного лабораторного стенда для испытаний системы ориентации и стабилизации малого космического аппарата входят следующие элементы [9]:

- технологическая оснастка с балансировочной системой;
- катушки индуктивности, моделирующие усиленное в четыре раза магнитное поле Земли;
- имитатор Солнца;
- аэродинамический подвес;
- система независимых измерений и пульт управления, позволяющие контролировать работоспособность СОС при испытаниях.

Основой технологической оснастки является стол с двумя горизонтальными цилиндрическими направляющими (трубами), по наружной

поверхности которых на втулках скользит рама, поддерживаемая двумя тягами, к раме присоединены кронштейны для крепления МКА (рис.2). Перемещение рамы проводится вручную с помощью ручки, прикрепленной к раме. Такое перемещение обеспечивает возможность проводить испытания в двух положениях МКА без дополнительной переустановки космического аппарата – в вертикальном положении (рис.2а) и горизонтальном положении (рис.2в). На рисунке 2б изображено промежуточное положение рамы с МКА при переводе МКА из вертикального положения в горизонтальное или обратно [9].

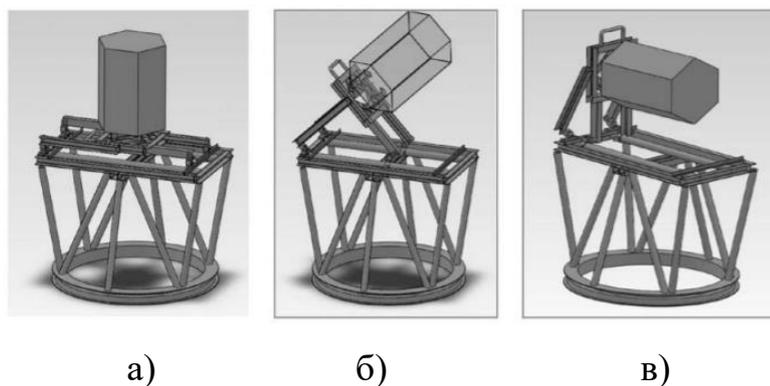


Рисунок 2 – Общий вид и схема работы технологической оснастки с макетом МКА

Для того чтобы положение центра масс системы МКА-оснастка в процессе испытаний находились над аэродинамическим подвесом, следует рассчитать размеры оснастки так, чтобы при переустановке МКА из вертикального положения в горизонтально и обратно, центр масс системы имел минимальные смещения в проекции на горизонтальную плоскость.

Положение центра масс системы МКА-оснастка по осям X и Y при его вертикальной установке определяется размерами конструктивных элементов (рисунок 3). Некоторые размеры примем в качестве исходных данных исходя из выбранной конструкции стола и рамы:

- межосевое расстояние отверстий в серьге $h_1 = 60$ мм;
- полуразмер рамы $b = 182,5$ мм;
- расстояние от посадочной плоскости МКА до оси вращения втулки на раме $h_2 = 105$ мм;
- расстояние от центра масс МКА до его посадочной плоскости $H = 290$ мм.

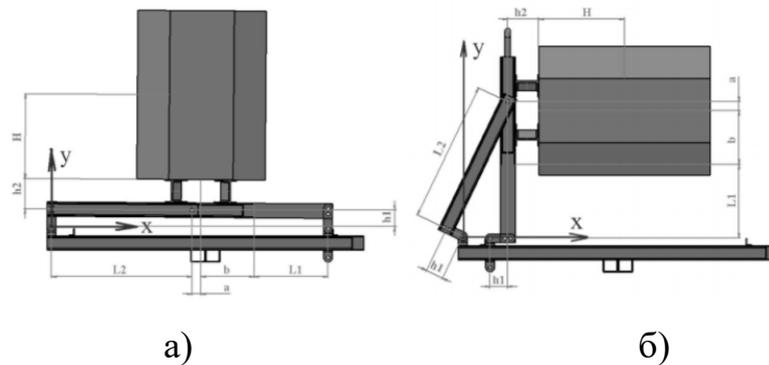


Рисунок 3 – Схема положения центра масс МКА

а) при его вертикальной установке, б) при его горизонтальной установке

Для работы данного стенда необходимо воссоздать условия, которые сопровождают МКА на орбите, а также обеспечить работу датчиков ориентации и органов управления. Поэтому стенд оснащается имитаторами магнитного поля в виде катушек и Солнца в виде коллиматора, при этом оснастка с МКА обезвешивается с помощью балансировочных грузов, сохраняя три степени свободы (вращение вокруг трёх осей)

Для обеспечения обезвешивания используется аэродинамический подвес серийного производства фирмы Nelson с грузоподъемностью 144 кг, вращением в диапазоне $\pm 30^\circ$ по двум осям (горизонтальным) и поворотом на 360° вокруг вертикальной оси (рисунок 4). Общий вес разработанной системы МКА-оснастка получается равным 116 кг, что соответствует грузоподъемности подвеса. [9]

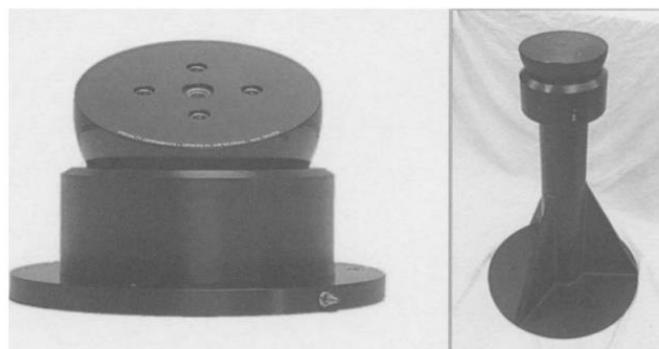


Рисунок 4 – Аэродинамический подвес фирмы Nelson

1.2.1 Стенд полунатурного моделирование система ориентации и стабилизации от компании Спутникс

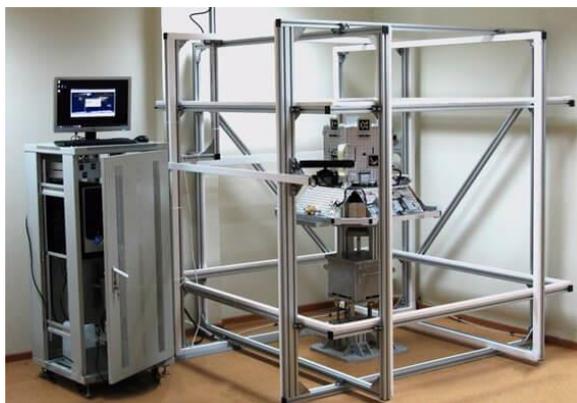


Рисунок 5 – Стенд полунатурного моделирования

Стенд полунатурного моделирования предназначен для отработки систем ориентации и стабилизации малых космических аппаратов.[10]

Устройства в составе стенда имитируют воздействие на объект исследований основных факторов космического пространства, необходимых для функционирования датчиков и исполнительных органов системы ориентации и стабилизации: свободное вращение вокруг центра масс, переменное магнитное поле, поток солнечного излучения, сигнал навигационной системы.

Целью использования стенда является экспериментальная отработка и исследование работы алгоритмов ориентации, стабилизации и навигации космического аппарата в земных условиях.

Стенд позволяет:

- провести функциональные испытания и оптимизацию программного обеспечения СОС,
- снизить риск некорректной работы спутника на орбите,
- обучить практическим навыкам управления движением космического аппарата,
- имитировать и отрабатывать нештатные ситуации.
- верифицировать модель после компьютерного моделирования:

В свою очередь верификация модели после компьютерного моделирования необходима чтобы:

- исключить ошибки в установке датчиков и исполнительных органов
- учесть точность установки датчиков и исполнительных органов
- провести моделирование с учетом реальных погрешностей и шумов датчиков
- определить реальные моменты инерции аппарата

Все компоненты стенда разработаны и собраны в ООО «СПУТНИКС». Разработка основана на технологическом заделе, полученном при создании микроспутника «Чибис-М», малого космического аппарата «ТаблетСат-Аврора», наноспутников «СириусСат-ДЗЗ», «ОрбиКрафт-Зоркий» и др.

Состав стенда:

- аэродинамический подвес
- платформа для установки объекта испытаний
- имитатор магнитного поля
- имитатор Солнца
- система независимых измерений
- имитатор сигналов GPS
- автоматизированное рабочее место (АРМ)

В зависимости от объекта испытаний, предлагаются различные модификации устройств стенда:

- аэродинамический подвес: грузоподъемность до 15, 35, 65, 160 кг.

Аэродинамический подвес, являясь имитатором невесомости, обеспечивает движение с 3-мя степенями свободы, а именно вращение вокруг так называемого центра подвеса с минимальным трением. По одной оси (вертикальной) существует возможность поворота на 360°, по двум горизонтальным возможность поворота ограничена. Аэродинамический подвес состоит из пьедестала и подшипника в виде полусферы. Подшипник крепится к макету МКА. Также в состав аэродинамического подвеса входят компрессор и арретир. Арретир предназначен для безопасного спуска установленного макета

спутника с подшипником на пьедестал для проведения эксперимента, и подъёма после окончания эксперимента. Компрессор необходим для создания тонкого слоя воздуха между подшипником и пьедесталом для движения с минимальным трением. Грузоподъёмность аэродинамического подвеса до 160 кг.

Таблица 2 – Технические характеристики аэродинамического подвеса

Максимальная грузоподъёмность, кг	160 кг
Угол поворота относительно вертикальной оси	Не ограничен
Угол поворота относительно горизонтальных осей	$\pm 30^\circ$

– платформа для установки объекта испытаний: для CubeSat 3U, для микроспутника типа «CubeSat», для установки устройств СОС.

Платформа для установки объекта испытания: для CubeSat, содержит источники питания, преобразователи напряжения, систему беспроводной передачи данных. Конструктив представляет из себя плоскую алюминиевую плиту с противовесами, с установленной 3-осевой системой балансировки.

– имитатор магнитного поля: большой (клетка 2х2х2 м), малый (клетка 1,3х1,3х1,3м).

– система независимых измерений: стандартная и повышенной точности.

[10]

В зарубежных странах используют похожие системы тестирования для «CubeSat». Лишь считанное количество стран используют совсем другие виды системы тестирования. Например: Университет Монпелье, Франция, проводит несколько испытаний для «CubeSat»:

–тест на вибрацию;

–синусоидальный вибрационный тест;

–ударный тест;

–акустический тест;

–термический вакуумный тест (может быть заменен тепловым тестом окружающей среды для компонентов, которые работают в невакуумной среде в течении всего срока службы).

В исключительных случаях для некоторого космического оборудования могут быть проведены несколько дополнительных испытаний, если они имеют решающее значение для эксплуатации изделий из-за некоторых особенностей конструкции или эксплуатации и условий транспортировки [11]:

- ускорение испытаний;
- испытание под давлением;
- тест на влажность;
- радиационный тест;



Рисунок 6 – Испытания «CubeSat-а» в термовакуумной камере

1.3 Карданов подвес

Карданов подвес — универсальная шарнирная опора, позволяющая закреплённому в ней объекту вращаться одновременно в нескольких плоскостях. Главным свойством карданов подвеса является то, что если в него закрепить вращающееся тело, то оно будет сохранять направление оси вращения независимо от ориентации самого подвеса. Это свойство нашло применение в гироскопах, применяющихся в авиации и космонавтике. Держатели судовых компасов или просто сосудов с питьём в транспортных средствах тоже

используют карданов подвес, который позволяет предмету находиться в вертикальном положении несмотря на толчки и тряску [12].



Рисунок 7 – Карданов подвес

Однако в исследовательской работе, нужно чтобы конструкция позволяла закреплённому в ней объекту занимать произвольное положение в пространстве, вращаясь одновременно в трех плоскостях. Для этого нужно создать такой стенд, который позволил бы проиллюстрировать на практике принципы действия сложных динамических систем в технике. Непосредственно поворот каждой рамки, в свою очередь, связан с управлением сервоприводом и шаговыми двигателями. Таким образом, стенд позволяет продемонстрировать решение широкого спектра задач.

1.4 Электродвигатели

В связи с тем, что за поворот той или иной рамки и самого наноспутника будут отвечать электродвигатели, стоит понять, что такое электродвигатели.

Электрический двигатель – электромеханический преобразователь, в котором электрическая энергия преобразуется в механическую. Типичным представителем электродвигателя является шаговой двигатель.

Шаговой электродвигатель представляет собой электрический двигатель, который предназначен для преобразования электрической энергии сети в механическую энергию. Конструктивно состоит из обмоток статора и магнитомягкого или магнитотвердого ротора. Отличительной особенностью

шагового двигателя является дискретное вращение, при котором заданному числу импульсов соответствует определенное число совершаемых шагов.

В отличие от других типов машин, шаговый двигатель совершает вращение не непрерывно, а шагами, от чего и происходит такое название двигателя. Каждый такой шаг составляет лишь часть от его полного оборота. Количество необходимых шагов для полного вращения вала будет отличаться в зависимости от схемы соединения, марки двигателя и способа управления [13].

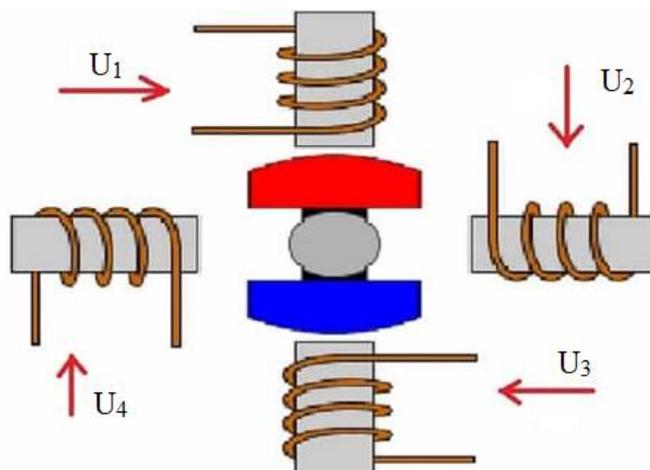


Рисунок 8 – Принцип действия шагового двигателя

На рисунке 8 изображены 4 обмотки, который относятся к статору двигателя, а их расположение устроено так, что они находятся под углом 90° относительно друг друга. Из чего следует, что такой двигатель характеризуется размером шага в 90° .

В момент подачи напряжения U_1 в первую обмотку происходит перемещение ротора на те же 90° . В случае поочередной подачи напряжения U_2 , U_3 , U_4 в соответствующие обмотки, вал продолжит вращение до завершения полного круга. После чего цикл повторяется снова. Для изменения направления вращения достаточно изменить очередность подачи импульсов в соответствующие обмотки [14].

Решение о выборе типа двигателя является простым и сложным одновременно. Однако, в исследовательской работе для вращения внутренней и внешней рамки идеальным вариантом будет шаговой двигатель, так как:

- в шаговых электродвигателях угол поворота соответствует числу поданных электрических сигналов, при этом, после остановки вращения сохраняется полный момент и фиксация;
- точное позиционирование – обеспечивает 3 – 5% от установленного шага, которое не накапливается от шага к шагу;
- обеспечивает высокую скорость старта, реверса, остановки;
- отличается высокой надежностью за счет отсутствия трущихся компонентов для токосъема, в отличие от коллекторных двигателей;
- может выдавать низкие обороты для непосредственно подведенной нагрузки без каких-либо редукторов;
- важным преимуществом является стоимость относительно тех же сервоприводов и бесколлекторных двигателей [14];

Самым распространенным электродвигателем является сервопривод – устройство с электродвигателем, которое позволяет добиться точного управления форматом движения радиоуправляемой модели путем отрицательной обратной связи. Любой сервопривод в своем устройстве имеет датчик и блок управления, который поддерживает определенные значения на датчике в соответствии с внешним параметром.

Сервопривод получает импульсный сигнал – управляющее значение, которое определяет угол поворота качалки сервопривода. Блок управления начинает сравнение поступившего параметра со значением на своем датчике.

Большинство современных сервоприводов построены по одному принципу и состоят из таких составных частей: выходной вал, шестерни редуктора, двигатель постоянного тока, потенциометр, печатная плата и управляющая электроника [15].

Редуктор вместе с мотором образуют привод. Чтобы трансформировать поступающее напряжение в механический поворот, нужен электродвигатель. Редуктор же – конструкция из шестеренок – преобразует крутящий момент и служит для понижения скорости вращения двигателя, так как часто она настолько большая, что совсем не годится для практического применения.

Вместе с включением и выключением электродвигателя вращается и выходной вал, к которому закрепляется качалка – ее, в свою очередь, крепят к рулю модели. Именно качалка будет задавать движение нашей модели, а для этого в устройстве сервопривода предусмотрен потенциометр – датчик, способный превратить угол поворота обратно в электро-сигнал.

Однако, одним из главных элементов является плата управления, которая представляет собой электронную схему. Именно она получает электрический импульс, анализирует полученный сигнал с данными потенциометра и включает/выключает электродвигатель. [15]



Рисунок 9 – Сервопривод изнутри

Для вращения самого наноспутника «CubeSat» используется сервопривод так, как:

- легкость и простота установки конструкции.
 - безотказность и надежность, что важно для ответственных устройств.
 - точность и плавность передвижений достигается даже на малых скоростях.
- В зависимости от поставленной задачи разрешающая способность может настраиваться работником.

2 Проектирование макета

2.1 Выбор электродвигателей

Для вращения самого наноспутника «CubeSat» нужен электродвигатель, который будет иметь крутящий момент не меньше 2 кг·см. Отличным вариантом будет сервопривод AS3103 PG servo. Он представлен на рисунке 5, сервопривод будет вращать наноспутник на 360° и имеет крутящий момент 5 кг·см. Крутящий момент стоит брать с запасом, так как возможно будет случай, когда наноспутник будет превышать в массе положенного 1,3 кг.

Таблица 3 – Технические характеристики сервопривода AS3103PG [16]

Угол вращения:	360°
Вес:	38г.
Скорость:	0.19сек/60 градусов
Крутящий момент:	5кг·см (4.8 В), 5.5кг г·см (6 В)
Напряжение:	4.8В - 6В



Рисунок 10 – Сервопривод AS3103PG

Для вращения CubeSat-а внешней и внутренней рамы, используем шаговую двигатель (Nema 17HS4401). Двухфазный шаговый двигатель NEMA17 широко применяется в 3D принтерах, станках ЧПУ и других автоматизированных механизмах для создания вращательного движения, которое можно преобразовать в поступательное. В частности, в конструкциях 3D-принтеров шаговые двигатели используются для управления движением по осям и привода экструдера, который осуществляет подачу пластика. Вал Nema

17 вращается дискретно на заданное количество шагов, каждый из которых является частью полного оборота вала вокруг своей оси. Для передачи крутящего момента вала шагового двигателя используются различные соединительные муфты [17]. Шаговый двигатель Nema 17 серии 17HS4401 представлен на рисунке 11, оснащен коннектором, что облегчает его подключение. Характеристики ШД Nema 17 серии 17HS4401 представлены в таблице 3



Рисунок 11 – Шаговой двигатель Nema 17HS4401

Таблица 4 – Технические характеристики ШД Nema 17HS4401 [17]

Угловой шаг	1,8±5%
Число фаз	2
Номинальный ток, А	1,68
Сопротивление фазы, Ом	1,65
Индуктивность фазы, мГн	2,8
Крутящий момент, кг·см	5,5
Момент удержания, кг·см	2,8
Вес, кг	0,28

Современная прецизионная система управления электродвигателем постоянного тока включает в себя микроконтроллер для обработки данных и блок управления питанием обмоток двигателя, часто называемый драйвером.

В состав драйвера входит логическая схема для преобразования кодированных посылок в цифровые управляющие сигналы, из которых в блоке генератора стробирующих импульсов формируются аналоговые сигналы для

управления силовыми ключами на основе полевых транзисторов. Полевой транзистор входит в состав драйвера или размещается в отдельном блоке. Кроме того, в состав драйвера входят схемы защиты силовых цепей и цепи обратной связи для контроля работы двигателя [18].

Для управления шаговым двигателем при помощи микроконтроллера нужно не только управлять большой нагрузкой, но и обеспечить необходимую последовательность управляющих импульсов. И для этого используется драйвер шагового двигателя Тройка-модуль рисунок 12

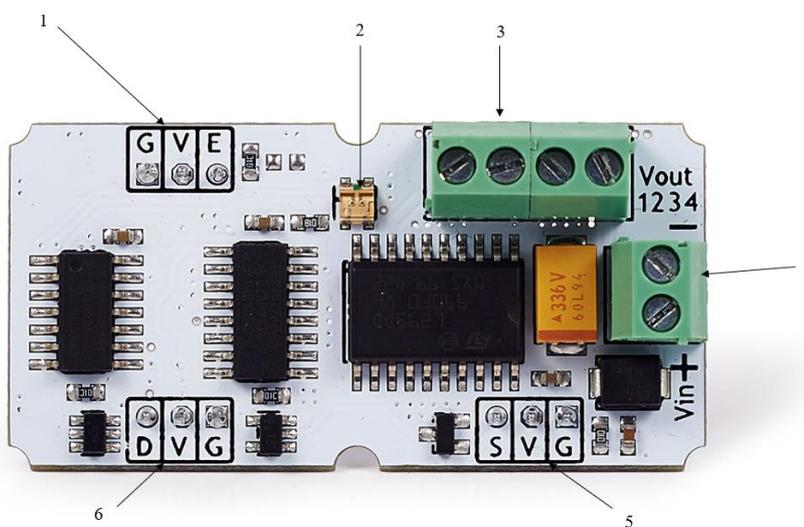


Рисунок 12 – Драйвер шагового двигателя

- где 1 – контакты включения двигателей
2 – индикатор вращения двигателя
3 – контакты для подключения двигателя
4 – питание двигателя
5 – контакты для подачи шагового импульса
6 – контакты управления направлением вращения [19]

Используют драйвер из-за того, что двигатели требуют большой ток, который не может выдать микроконтроллер и сопротивление у двигателей маленькое, по этой причине ножки микроконтроллера могут выгореть, чтобы управлять двигателем с помощью микроконтроллера, нужны ключи, которые могут выдержать большой ток и управляться с достаточно большой частотой, именно эти ключи и называются драйверами.

2.2 Конструирование макета

В процессе проектирования космического аппарата большое значение имеют разработка и определение характеристик системы ориентации (СО). Для проверки результатов математического и компьютерного моделирования, а также отработки конкретного аппаратного решения требуется использование лабораторных испытательных стендов.

Для наноспутников класса «CubeSat» одним из основных параметров разработки является уменьшение стоимости разработки и выведения, соответственно, разрабатываемый стенд предполагает применять для следующих задач:

- экспериментальное определение управляющих моментов, разрабатываемых исполнительных органов системы ориентации космических аппаратов
- отработка алгоритмов управления системы ориентации: активная ориентация, гашение начальных колебаний, поддержание заданной ориентации;
- экспериментальное определение массы инерциальной характеристики исследуемых объектов.

Для этого разрабатываемый стенд будет обозначен следующими устройствами:

- электродвигатели (шаговые, сервопривод)
- драйвера шаговых двигателей
- плата (MyRio)
- питание

Для уменьшения стоимости лабораторного стенда было принято решение об уменьшении габаритов по сравнению с аналоговыми стендами и упрощения технологического процесса изготовления: внутренние и внешние рамки изготавливаем в 3D-принтере из ABS-пластика. Обосновывается это легко: экономично, более быстрый производственный цикл, высокое качество.

Внутренние и внешние рамки сделаны в форме уголка не с проста, так как такую форму удобно распечатать в 3D-принтере и большим преимуществом такой формой является то, что можно закрепить двигатели на рамках.



а)

б)

Рисунок 13 – Рамки подвеса

а) внутренняя рамка, б) внешняя рамка

Таблица 5 – Размеры внутренней рамки:

	длина, мм	ширина, мм	толщина
внутренняя рамка	180	20	5
внешняя рамка	250	30	5

Основание будет сделано из материала дюралюминий Д16Т, потому что Д16Т является одним из самых востребованных дюралюминиевых сплавов авиационной и космической промышленности. Главное его преимущество заключается в том, что получаемый из него металлопрокат обладает:

- стабильной структурой;
- высокими прочностными характеристиками;
- в 3 раза более легким весом, чем стальные изделия;
- повышенным сопротивлением микроскопической деформации в процессе эксплуатации [20];

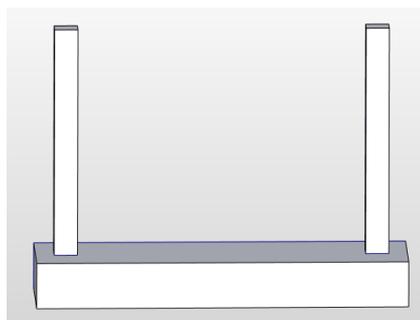


Рисунок 14 – Основание подвеса

На рисунке 15 представлен сборочный чертеж исследовательского макета, который обеспечит закрепленному в ней объекту занимать произвольное положение в пространстве, вращаясь одновременно в трех плоскостях.

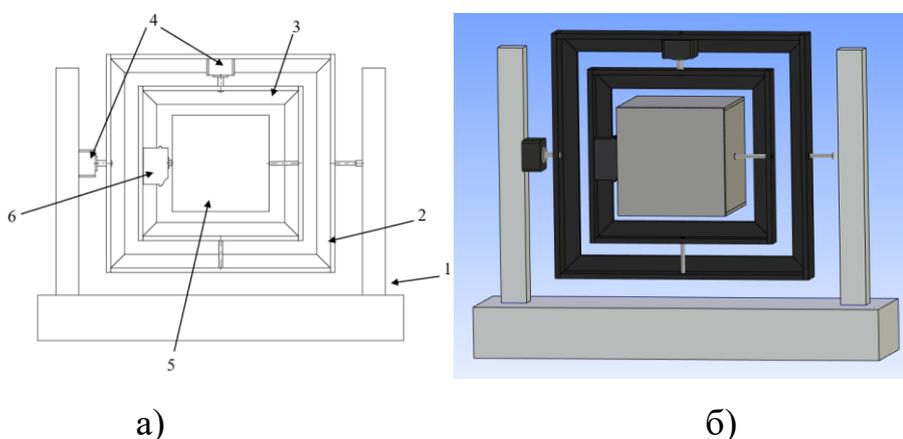


Рисунок 15 – Разработанный подвес в исследовательской работе

а) сборочный чертеж макета, б) 3D-модель макета

- где 1 – основание
 2 – внешняя рамка
 3 – внутренняя рамка
 4 – шаговые двигатели 1,2 (Nema 17)
 5 – наноспутник CubeSat
 6 – сервопривод (AS3103 PG)

Как видно на рисунке 15, непосредственно за поворот каждой рамки будут отвечать шаговые двигатели, а за вращения «CubeSat-а» будет отвечать сервопривод. На противоположной стороне каждого электродвигателя будут установлены универсальные валы под внутренний диаметр каждого подшипника, а размеры подшипника будут 3x8x3 мм.

Данный макет имеют такую форму не зря, ведь жесткость каждой рамки обеспечена тем, что пластины созданы в форме уголка. Площадка основания сделана габаритной для обеспечения устойчивой поверхности при вращении наноспутника «CubeSat».

Таким образом, стенд позволяет продемонстрировать решение широкого спектра задач.

Система управления подвесом будет содержать в себе: (на рисунке 16)

- персональный компьютер (ПК);
- плата MyRio;
- блок питания;
- два шаговых двигателя;
- сервопривод;
- два драйвера для шаговых двигателей;
- питание для драйвера.

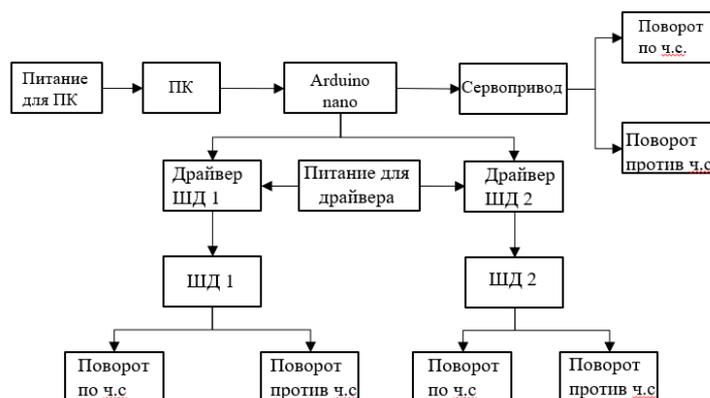


Рисунок 16 – Структурная схема макета

Принцип работы всей установки будет заключаться в следующем, в персональном компьютере установлена программа LabView, в которой создан код для управления всеми узлами механизма, который передает сигнал на плату *Arduino*. После принятия сигнала *Arduino* распределяет код по необходимым узлам для двух драйверов шагового двигателя и сервопривода. В следующем этапе после распределение всего кода по узлам, электродвигатели начинают вращаться либо по часовой стрелки, либо против часовой стрелки и тем самым, происходит вращение всей установки.

3 Программирование макета

Программирование макета будет в программе «LabView», преимуществом этой программы является следующее: интуитивно понятный процесс графического программирования, широкие возможности сбора, обработки и анализа данных.

Программа предназначена для управления положением (углом поворота), двух шаговых двигателей (протокол Step/Dir) и одного серводвигателя.

Лицевая панель изображена на рисунке 17.

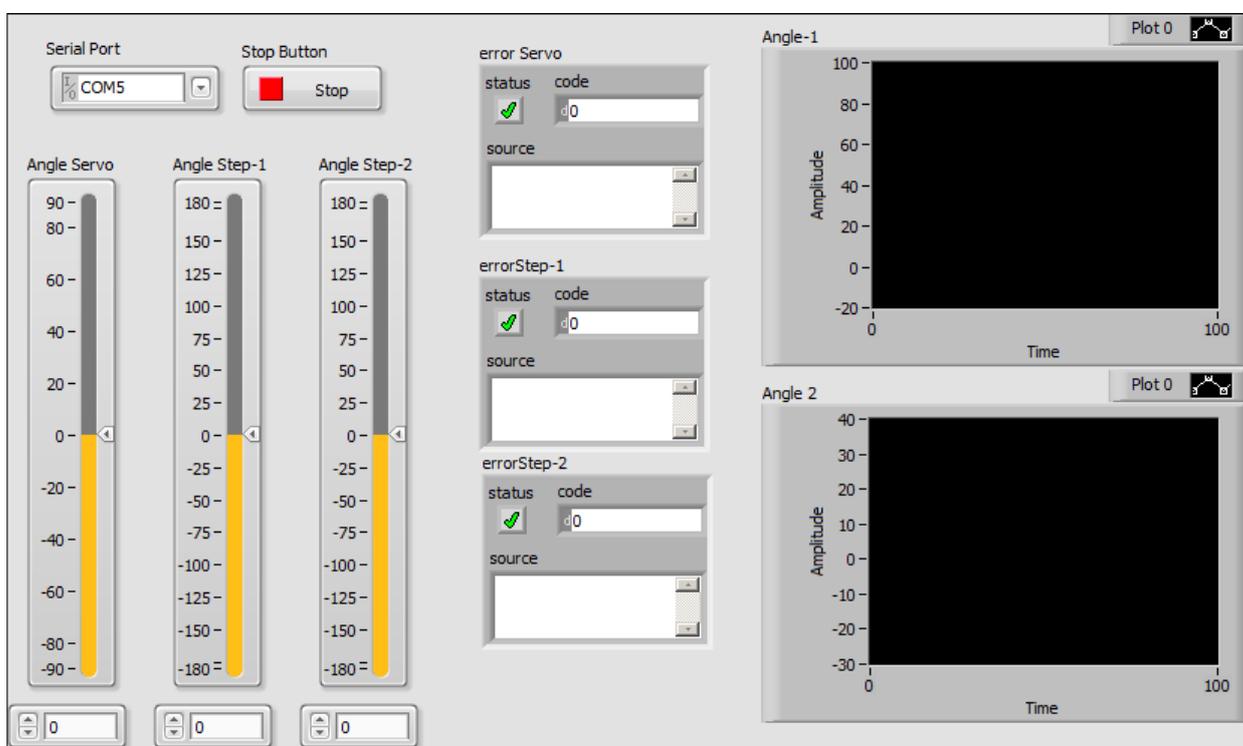


Рисунок 17 – Лицевая панель

Программа работает с использованием библиотеки *LINX*, что требует конфигурирования «Arduino» устройства. Перед запуском программы необходимо выбрать порт, к которому подключена плата «Arduino» (Serial Port).

Блок диаграммы программы изображен на рисунке 18.

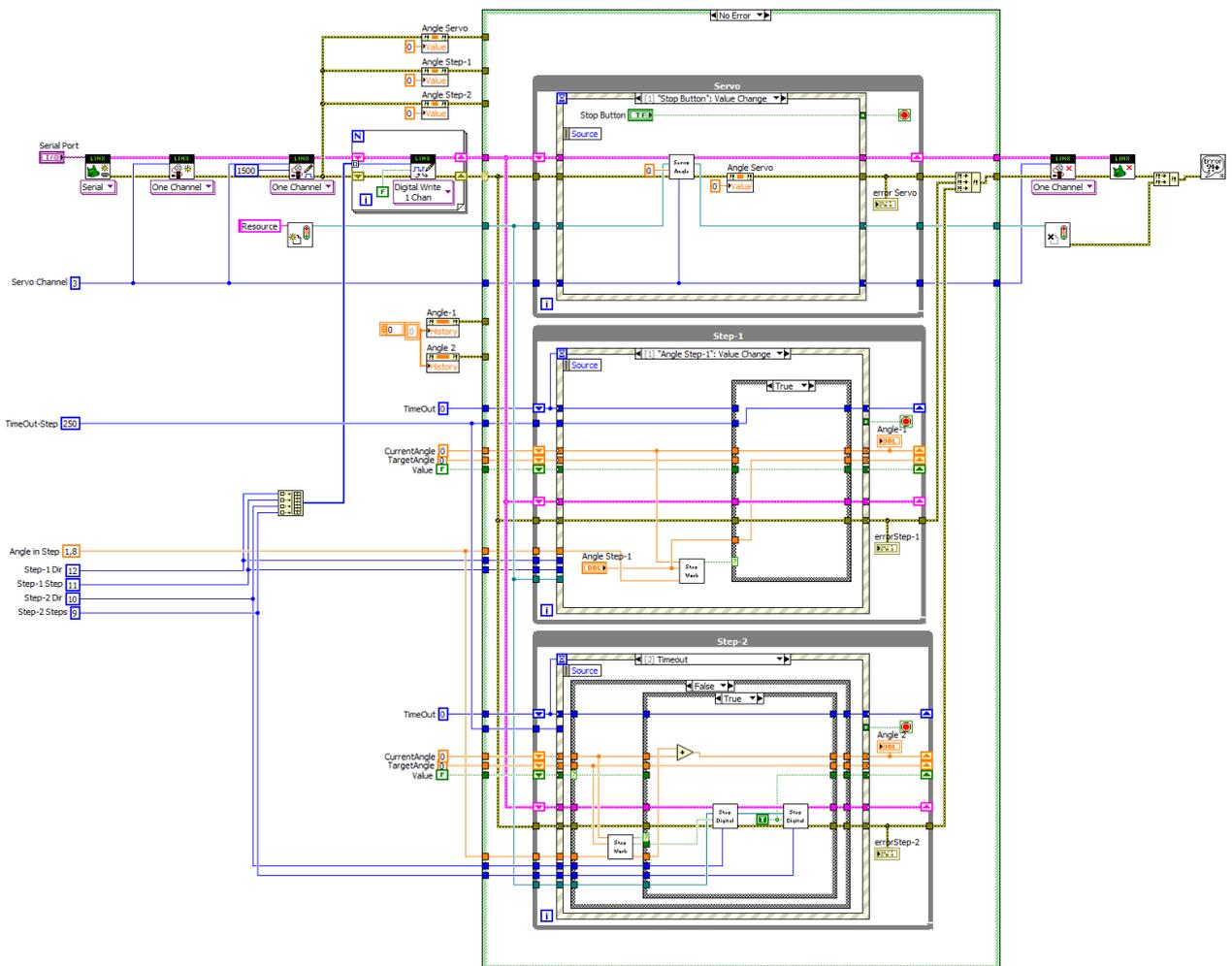


Рисунок 18 –Блок диаграммы программы

Для правильного функционирования программы необходимо установить значения пинов «Arduino» согласно схемы соединений.

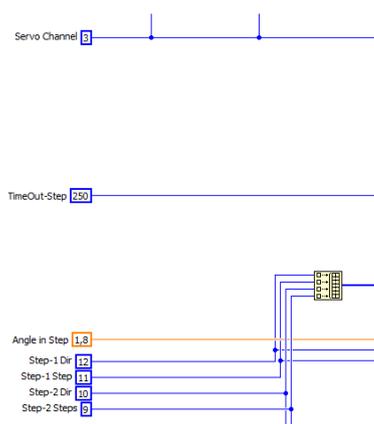


Рисунок 19 – Схема соединений

В данном случае для управления «Servo» используется *PWM* выход *Pin-3*.

Для управления ШД-1: *Pin-11* – *Step*, *Pin-12* – *Dir*.

Для управления ШД-2: *Pin-9* – *Step*, *Pin-10* – *Dir*.

Дополнительно необходимо установить угол поворота ШД за один шаг, в зависимости от режима деления установленного на драйвере, в данном случае 1.8 градуса (без микрошага).

И скорость вращения ШД. Параметр *TimeOut-Step* соответствует длительности импульса деленному на 2. В данном случае, период импульса Step составляет $2 \cdot 250 \text{ мс} = 500 \text{ мс}$, т. е. скорость вращения составит 2 шага в секунду.

После запуска программы выполняется конфигурирование «Arduino» устройства и PWM порта и в DO управляющие ШД записывается логический «0». Создается семафор (*Resource*), для исключения одновременного доступа к ресурсам VISA из параллельно исполняемых циклов.

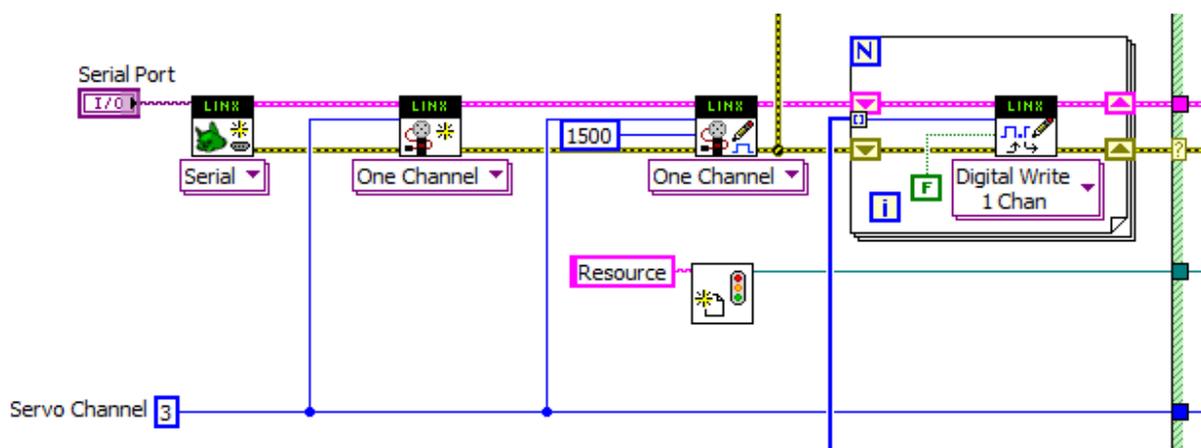


Рисунок 20 – Создание семафор (*Resource*)

А также состояние контролов приводится в необходимое состояние.

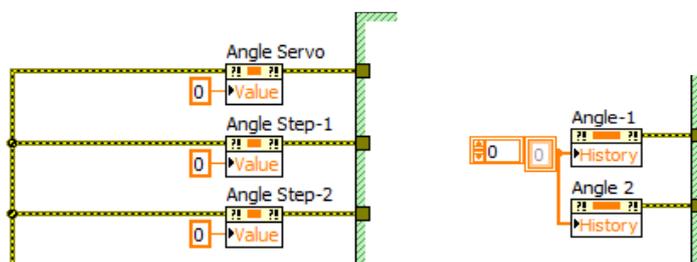


Рисунок 21 – Состояние контролов

При успешном конфигурировании «Arduino» и PWM порта, запускается основная часть программы.

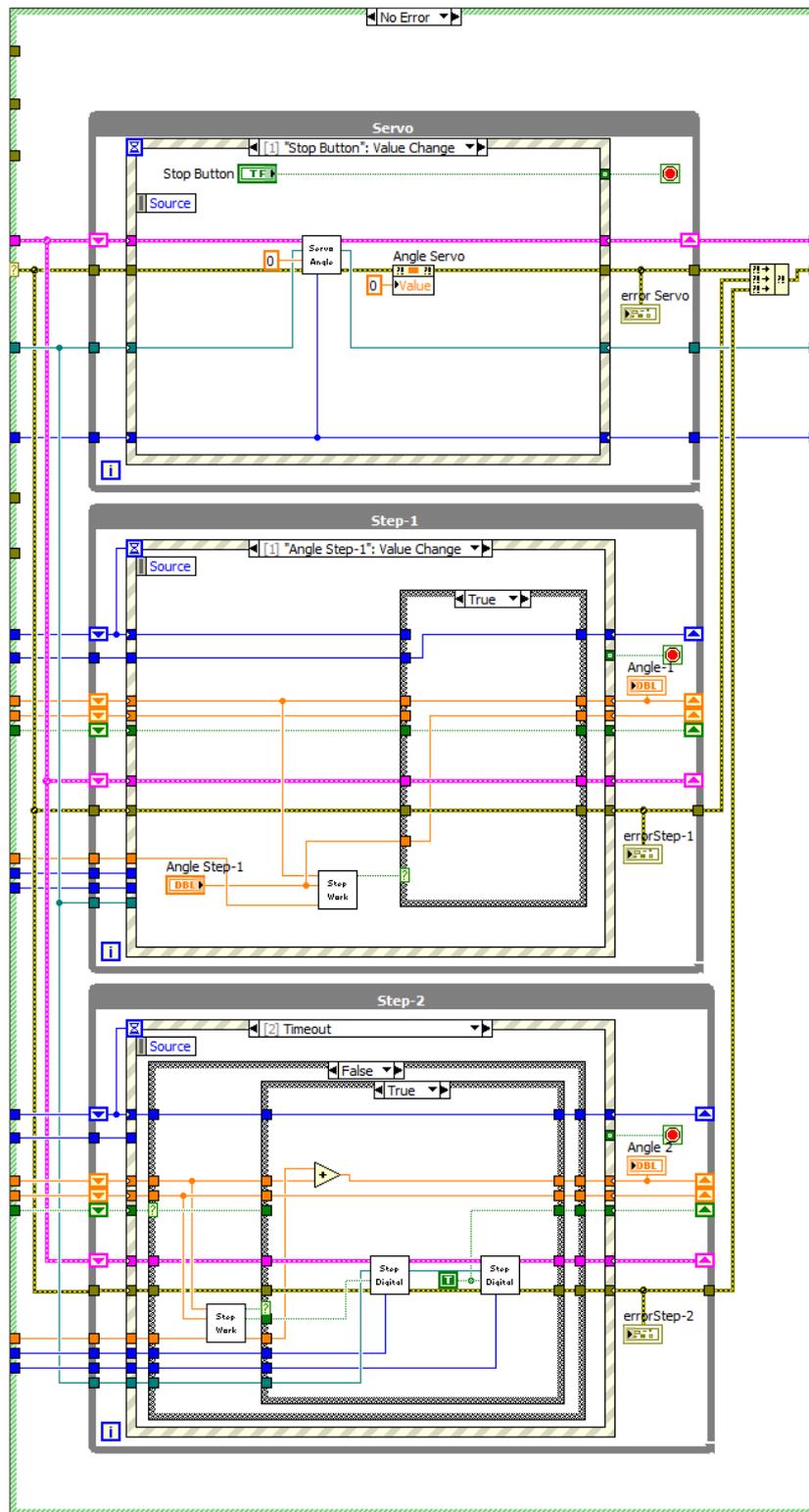


Рисунок 22 – Основная программа

В основной части программы работают три независимых цикла, предназначенные для управления каждым двигателем, при этом каждый обрабатывает необходимые события *GUI*. Циклы управления ШД полностью идентичны, за исключением номеров *DO*, предназначенных для управления ШД, поэтому будет рассмотрен только один из них.

Цикл управления положением *Servo*.

Рассмотрим события, которые обрабатываются в цикле *Servo*.

При нажатии кнопки *Stop*, генерируется и обрабатывается соответствующее событие.

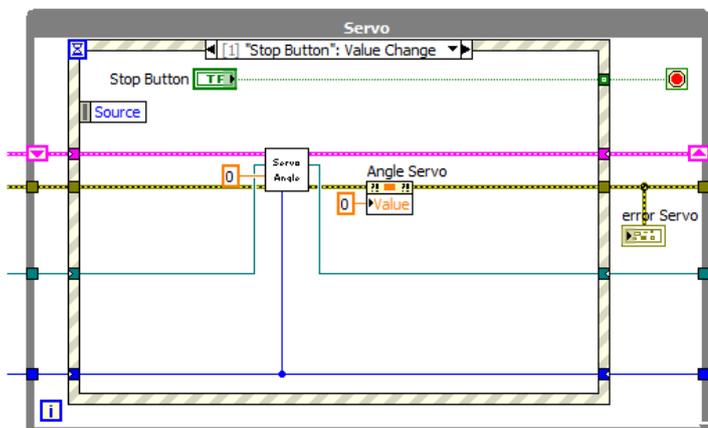


Рисунок 23 – Управление *Servo*

При этом посредством функции *Servo WriteAngle.vi* положение *Servo* устанавливается в «0» положение, в контрол записывается аналогичное значение и цикл останавливается.

При изменении значения контрола *Angle Servo*, генерируется и обрабатывается соответствующее событие.

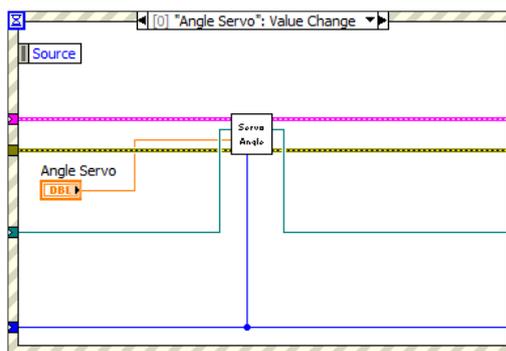


Рисунок 24 – *Angle Servo*

При этом посредством функции *Servo WriteAngle.vi* в Arduino подается сигнал управления углом поворота *Servo*.

Цикл управления положением ШД.

При изменении значения контрола *Angle Step-1*, генерируется и обрабатывается соответствующее событие.

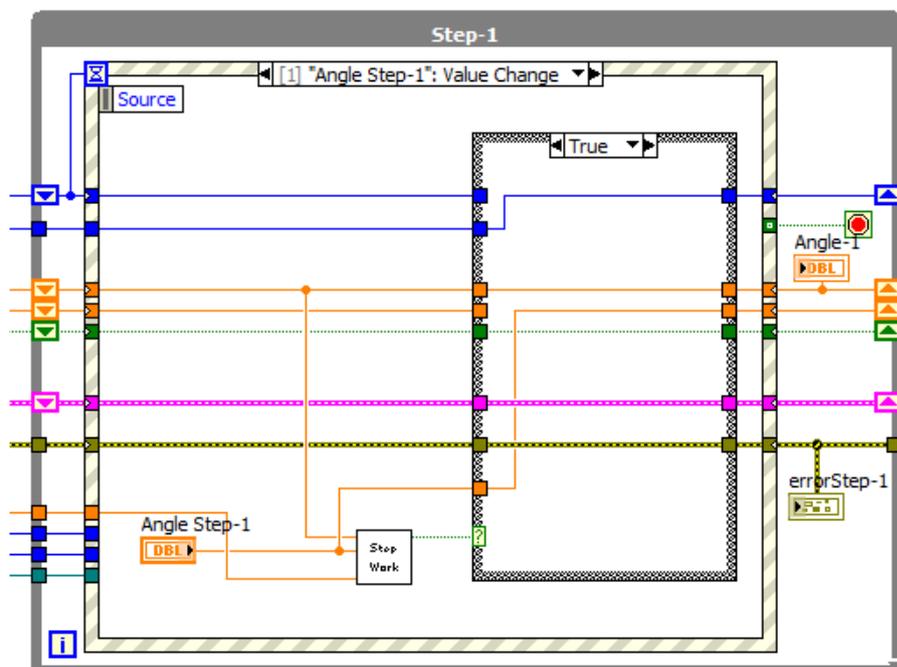


Рисунок 25 – Управление ШД

При этом, посредством функции *Step CalcWork.vi*, вычисляется разница между текущим положением ШД (*CurrentAngle*) и заданным (*TargetAngle*), и при необходимости изменения положения значение *Timeout* устанавливается равным *Timeout-Step*.

При нажатии кнопки *Stop*, генерируется и обрабатывается соответствующее событие, при этом цикл останавливается.

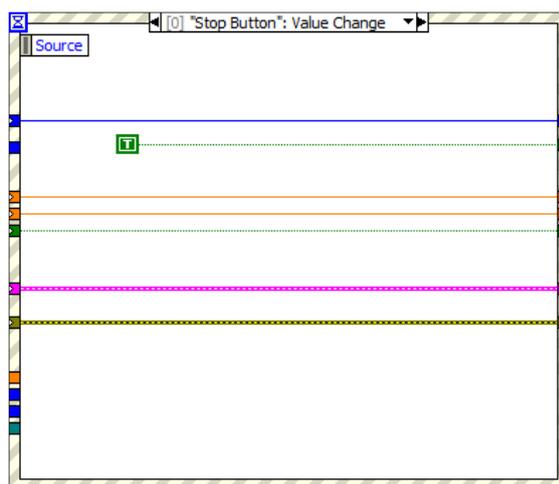


Рисунок 26 – Кнопка остановки

Если значение *Timeout* структуры *Event Structure* отлично от «-1», то спустя установленный интервал времени, генерируется событие *Timeout*.

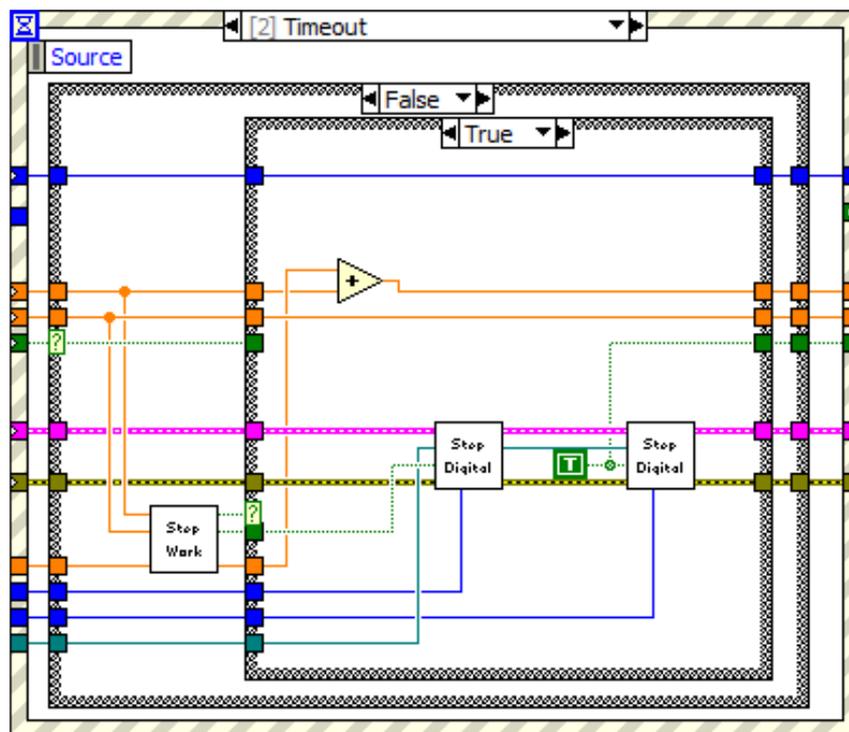


Рисунок 27 – Событие Timeout

При этом, в случае отсутствия управляющего импульса *Step* на выходе *Arduino*, когда значение *Value* равно *False*, вычисляется необходимость управления (функция *Step CalcWork.vi*) и если текущее положение не соответствует требуемому, на соответствующие выходы *DO Arduino* подается сигнал *Dir* и положительное значение (*True*) сигнала *Step* с использованием функции *Step WriteDigital.vi*

Если управление не требуется, то значение *TimeOut* структуры *Event Structure* устанавливается равным «-1», т. к. в бесконечное ожидание события.

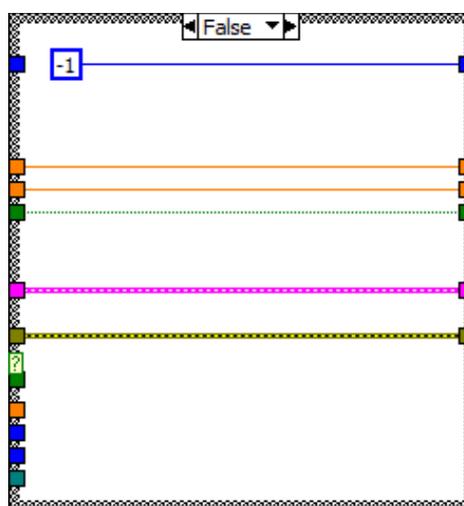


Рисунок 28 – Бесконечное ожидание

Если в момент генерации события *Timeout* структуры *Event Structure* на управляющем выходе присутствует сигнал *Step* (*Value* равно *True*), то состояние этого выхода переводится в состояние «0», подачей в него значения *False*.

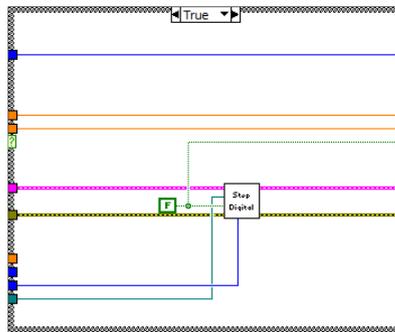


Рисунок 29 – Управляющий выход

Servo WriteAngle.vi

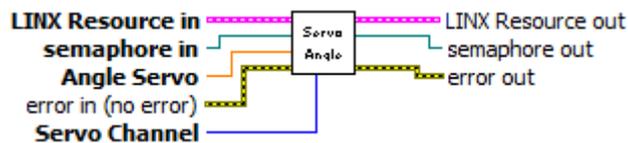


Рисунок 30– Управление положением серводвигателя

Лицевая панель изображена на рисунке 31.

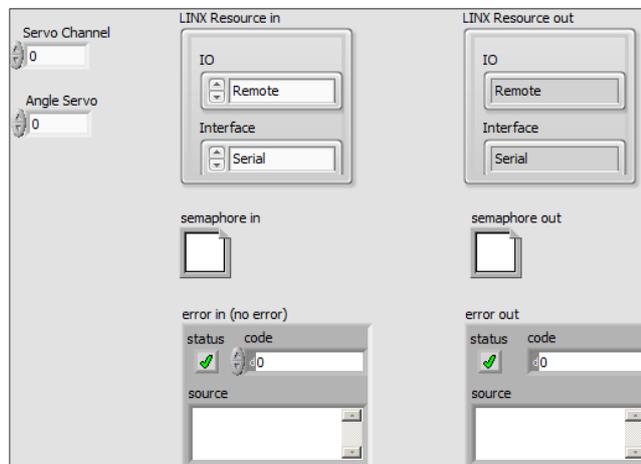


Рисунок 31 – Лицевая панель серводвигателя

При вызове функции выполняется блокировка семафора (*Acquire Semaphore*), пересчитывается значение угла в соответствующее ему значение длительности сигнала *PWM* (функция *Servo AngleToPWM.vi*) и подается на заданный *DO Arduino*. После чего семафор разблокируется (*Release Semaphore*).

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Предпроектный анализ

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке подвеса для исследования характеристик CubeSat-ов. Целью работы является создание подвеса, который позволит проводить испытания спутников типа «CubeSat» системы ориентации и навигации в пространстве, что существенно упростит проектирование аналогичных спутников и приведет к удешевлению процессов испытания

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

Целевой рынок – сегмент рынка, где будет реализовываться продажа будущего продукта. [21]

Сегмент рынка – особая часть рынка, группы потребителей, обладающих некоторыми общими признаками. [21]

Сегментирование – разделение покупателей на определенные группы, для которых потребуется определенный товар. [21]

Для проведения сегментирования рынка необходимо разобраться на какие сегменты будет подразделяться рынок. Данная система предназначена для исследования характеристик CubeSat-ов, созданный подвес позволит проводить испытания спутников «CubeSat» системы ориентации и навигации в пространстве, что существенно упростит проектирование аналогичных спутников и приведет к удешевлению процессов испытания

В критериях месторасположения логично рассматривать: зарубежные и отечественные. Карта сегментирования рынка предложена в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты построения карты сегментирования рынка

	Область применения	
	Военная отрасль	Космическая отрасль
Зарубежная		
Отечественные		

где  - Низкая конкуренция
 - Высокая конкуренция

Исходя из полученных значений таблицы выше, можно увидеть, в каких нишах в России уровень конкуренции низкий. Однако в зарубежных странах конкуренция высокая, так как использования наноспутник дешевле и эффективнее в разы, чем использование больших спутников. Таким образом, разработка ориентирована на военную, промышленную и космическую отрасль, однако важным является космическая отрасль.

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. [1]

Для того, чтобы реально оценить конкурентоспособность, построим оценочную карту. Приведены критерии оценки: вес критерия, который может принимать значения от 0 до 1, причем сумма всех весов критериев равна 1; баллы, которые проставляются в соответствии с техническими особенностями и характеристиками; конкурентоспособность, которая вычисляется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (1)$$

где B_i – вес i -го показателя;

B_i – балл i -го показателя;

В качестве конкурента будет рассматриваться подвес, который разрабатывали в СПУТНИКС. Данная система реализована на малых космических аппаратах, однако в моя разработка подвеса заключается в том, что создается именно для наноспутника CubeSat, что позволит проводить испытания спутника типа «CubeSat» системы ориентации и навигации в пространстве, что существенно упростит проектирование аналогичных спутников и приведет к удешевлению процессов испытания. Данное отличие позволяет сделать разрабатываемый стенд единственной в мире.

Составим оценочную таблицу, показатели в таблице: K_ϕ , B_ϕ – разрабатываем стенд, K_k , B_k – показатели конкурента.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентоспособности

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _к	К _ф	К _к
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Удобство в эксплуатации	0,1	4	3	0,4	0,3
Надежность	0,1	5	4	0,5	0,4
Уровень шума	0,1	5	5	0,5	0,5
Уровень вибраций	0,1	5	5	0,5	0,5
Безопасность	0,1	5	5	0,5	0,5
Материалоемкость	0,1	4	3	0,4	0,3
Массогабаритные характеристики	0,1	5	4	0,5	0,4
Потребность в регулярном ТО	0,1	4	4	0,4	0,4
Функциональная мощность	0,1	5	4	0,5	0,4
Простая эксплуатация	0,1	5	4	0,5	0,4
Итого	1			4,7	4
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность	0,33	5	3	1,65	0,99
Цена	0,33	5	3	1,65	0,99
Предполагаемый срок эксплуатации	0,33	4	3	1,32	0,99
Итого	1			4,62	2,97

По итогу видно, что технические показали данного проекта выше, чем у конкурента.

4.1.3 Технология Quad

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки

и ее перспективность на рынке, которая позволяет принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно–исследовательский проект.

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

1) показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

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

2) показатели оценки качества разработки:

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

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Макс. балл	Относ. значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,02	70	100	0,7	0,014
2. Помехоустойчивость	0,03	70	100	0,7	0,021
3. Надежность	0,05	80	100	0,8	0,035
4. Унифицированность	0,02	60	100	0,6	0,012
5. Уровень материалоемкости разработки	0,05	80	100	0,8	0,04
6. Уровень шума	0,03	100	100	1	0,03
7. Безопасность	0,05	85	100	0,85	0,0425
8. Потребность в ресурсах памяти	0,01	100	100	1	0,01
9. Функциональная мощность	0,08	90	100	0,9	0,072
10. Простота эксплуатации	0,08	90	100	0,9	0,072
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	75	100	0,75	0,0375
12. Ремонтопригодность	0,07	70	100	0,7	0,049
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,06	90	100	0,9	0,054
14. Уровень проникновения на рынок	0,05	50	100	0,5	0,025
15. Перспективность рынка	0,1	90	100	0,9	0,09
16. Цена	0,08	80	100	0,8	0,064
17. Послепродажное обслуживание	0,05	70	100	0,7	0,035
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,07	70	100	0,7	0,049
19. Срок выхода на рынок	0,03	60	100	0,6	0,018
20. Наличие сертификации разработки	0,04	10	100	0,1	0,004
Итого	1				77,4

Итоговое средневзвешенное значение позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60, то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40, то перспективность средняя. Если от 39 до 20, то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже, то перспективность крайне низкая.

По результатам оценки качества и перспективности, можно сделать вывод, что перспективность разработки выше среднего.

4.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности), Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательской разработки для исследования ее внешней и внутренней среды. [21]

Также, в данном разделе необходимо рассмотреть SWOT-анализ НТИ, который позволяет оценить факторы влияния, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок. В таблице 9 описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НТИ, которые могут появиться в его внешней среде.

Таблица 9 – SWOT-анализ ВКР

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Методика исследования материалов в данной работе является эффективной; С2. Метод, описанный в работе, несет в себе экономичность и ресурсоэффективность; С3. Полезность данного исследования для космической области развития; С4. Актуальность исследования; С5. Наличие мощной теоретической базы и практической базы.	В1. Возможность внесения вклада в развитие данного направления; В2. Большой потенциал применения результатов исследования;
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Отсутствие полноценного финансирования данного исследования; Сл2. Малое количество исследований по данной области. Сл3. Малое количество исследуемых объектов в выборке	У1. Отсутствие спроса на проведение данных исследований.

Далее выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 10 – Сильные стороны проекта

Возможности проекта	С1	С2	С3	С4	С5
1	+	+	+	+	+
2	+	+	+	-	+
3	+	+	+	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: В1С1С3С4С5, В2С1С2С3.

Таблица 11 – слабые стороны проекта

Возможности проекта	Сл1	Сл2	Сл3
В1	0	-	-
В2	0	0	0
В3	0	0	-

Таблица 12 – сильные стороны проекта

Угрозы	С1	С2	С3	С4	С5
У1	+	0	0	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы, можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и угрозы: У1С1.

Таблица 13 – слабые стороны проекта

Возможности проекта	Сл1	Сл2	Сл3
У1	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить, что коррелирующих слабых сторон нет.

Итак, самой большой угрозой для проекта является отсутствие спроса, что на данном этапе не прогнозируется, поскольку аналогов данным исследованиям нет.

Таким образом, несмотря на то, что коммерческого потенциала у данного исследования нет, и оно в большей степени олицетворяет теоретическую и практическую значимость полученных результатов, результаты НТИ актуальны для предприятий, заинтересованных в повышении надежности наноспутника

4.2 Планирование и формирование бюджета научных исследований

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения выпускной квалификационной работы формируется рабочая группа, в состав которой могут входить только преподаватель и инженер. Работу выполняло 2 человека: Баранов П.Ф. – руководитель (Р), Куанышбекулы Н. – инженер (И).

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в (таблице 14)

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на ВКР	1	Составление и утверждение задания ВКР	Руководитель (Р)
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер (И)
	3	Календарное планирование работ	Руководитель (Р) Инженер (И)
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Изучение теоретических материалов	Инженер (И)
	5	Компьютерное моделирование	Инженер (И)
	6	Обработка полученных данных	Инженер (И)
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов, выводы	Инженер (И)
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель (Р) Инженер (И)
Оформление отчета ВКР	9	Составление пояснительной записки	Инженер (И)
	10	Корректировка пояснительной записки	Инженер (И) Руководитель (Р)

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

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

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для выполнения перечисленных в таблице 13 работ требуются специалисты:

- Инженер (И);
- Руководитель (Р).

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности, следовательно, рассчитывается по формуле (5):

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в (таблице 15)

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работы	Исполнители	Трудоемкость работы (чел.дни)			Длительность работы в раб.дн		Длительность работы в кал.дн	
			t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$	T_{pi}		T_{ki}	
						Н	И	Н	И
1	Составление и утверждение технического задания	Р	2	5	3,2	3,2	-	5	-
2	Подбор и изучение материалов	И	14	21	168	-	16,8	-	25
3	Календарное планирование работ	Р,И	1	2	1,4	1,4	14	2	2
4	Изучение теоретических материалов	И	21	30	24,6	-	24,6	-	37
5	Компьютерное моделирование	И	5	10	7	-	7	-	11
6	Обработка полученных данных	И	5	10	7	-	7	-	11
7	Анализ полученных результатов, выводы	И	2	5	3,2	-	3,2	-	5
8	Оценка эффективности полученных результатов	Р,И	1	2	1,4	1,4	1,4	2	2
9	Составление пояснительной записки	И	7	14	9,8	-	9,8	-	15
10	Корректировка пояснительной записки	Р,И	7	10	8,2	8,2	8,2	13	12

График Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основании (таблицы 15) строится календарный план-график. План-график приведен в (таблице 16)

Таблица 16– Календарный график проведения НИР

Этап	Исполнитель	T_{ki}		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
		Р	И	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Р	5	0	///														
2	И	0	25	■	■	■												
3	Р,И	2	2				///											
4	И	0	37				■	■	■	■								
5	И	0	11							■	■							
6	И	0	11									■	■					
7	И	0	5										■	■				
8	Р,И	2	2											///				
9	И	-	15											■	■			
10	Р,И	13	12												///	■		

/// – Руководитель, ■ – Инженер;

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи} \quad (6)$$

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

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг., руб./м., руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты представлены в (таблице 17).

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Шаговые двигатели (Nema 17)	2	1 668	3336
Сервопривод	1	500	500
Драйвер для ШД	2	890	1780
Питание для драйвера	2	300	600
Блок питания	1	500	500
Итого			6716

4.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НИИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Результаты расчетов представлены в таблице 18

Для проведения научно-исследовательской работы требуется: Вспомогательная технологическая оснастка для радиоизотопа, Ноутбук «Dell g3».

Срок полезного использования каждого вида оборудования:

– Ноутбук «Dell g3» - по третьей группе (техника электронно-вычислительная): 2 года.

Рассчитаем амортизацию оборудования техники $I_{ам.обор.}$, по следующей формуле:

$$I_{ам.обор.} = \left(\frac{T_{исп.обор.}}{365} \right) \cdot K_{обор.} \cdot H_a \quad (7)$$

где $T_{исп.обор.}$ – время использования оборудования;

365 дней – количество дней в году;

$K_{обор.}$ – стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации.

$$H_a = \frac{1}{T_{с.с.обор.}} \quad (8)$$

где $T_{с.с.обор.}$ – срок службы оборудования

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ.

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования, шт.	Время использования, год	Срок службы, год	Цена за ед. тыс. руб.	Амортизация оборудования за время его использования руб.
Ноутбук «Dell g3»	1	2	15	40	147
Итого					147

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнительской темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату рассчитывается по формуле (9):

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (9)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле (10):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (10)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 16);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (11):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}}, \quad (11)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 56 раб. дня $M = 10,3$ месяца, 6-дневная неделя; при отпуске в 28 раб. дня $M = 11,15$ месяца, 6-дневная неделя.

F_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 19).

Таблица 19 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней:	119	119
Потери рабочего времени:	60	30
Действительный годовой фонд рабочего времени	187	217

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле (12):

$$Z_m = Z_{мс} \cdot k_p \quad (12)$$

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

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в (таблице 20).

Таблица 20 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$Z_{мс}$, руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	Профессор	47 104	1,3	61 235	2 548	9	22 932
Инженер	1	26 300	1,3	34 190	1 298	57	73 986
Итого							96 918

4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (13):

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (13)$$

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

Таблица 21 - Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	$k_{доп}$	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	22 932	0,12	2 751,84
Инженер	73 986		8 878,32
Итого			11 630

4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (14):

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (14)$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 21

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	22 932	2 751,84
Инженер	73 986	8 878,32
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого	29 417	

4.2.4.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки

На данном этапе в научных и производственных командировках нет необходимости.

4.2.4.7 Контрагентные расходы

На протяжении всего периода работы ($K = 92$ дня) необходимы услуги ISP МТС (ОАО «Мобильные ТелеСистемы») по тарифу SMART с абонентской платой в $N=8$ р./сутки. Соответственно сумма расходов A рассчитывается по формуле (15)

$$A = K \cdot N = 736 \text{ руб.} \quad (15)$$

4.2.4.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле (16):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (16)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл.}} = 0,16 \cdot 145\,164 = 23\,266 \text{ руб.}$$

4.2.4.9 Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно – технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в (таблице 23).

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты НИИ	6716	Пункт 4.2.4.1
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, с учетом амортизации оборудования за время его использования	147	Пункт 4.2.4.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	96 918	Пункт 4.2.4.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11 630	Пункт 4.2.4.4
Отчисления во внебюджетные фонды	29 417	Пункт 4.2.4.5
Затраты на научные и производственные командировки	-	Пункт 4.2.4.6
Контрагентские расходы	736	Пункт 4.2.4.7
Накладные расходы	23 266	16 % от суммы ст.1-7
Бюджет затрат НИИ	168 790	Сумма ст.1- 8

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (17)$$

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 т.ч. аналоги)

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (19)$$

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 – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
Удобство в эксплуатации	0,1	4	3
Надежность	0,1	5	4
Уровень шума	0,1	5	5
Уровень вибраций	0,1	5	5
Безопасность	0,1	5	5
Материалоемкость	0,1	4	3
Массогабаритные характеристики	0,1	5	4
Потребность в регулярном ТО	0,1	4	4
Функциональная мощность	0,1	5	4
Простая эксплуатация	0,1	5	4
Итого	1		

$$I_{p-исп.1} = 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,7$$

$$I_{p-исп.2} = 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 4$$

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,62	0,86
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	4
3	Интегральный показатель эффективности	7,6	4,65
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,62	1,16

Выводы: В рамках планирования научной работы была составлена структура работ, разработка графика этих работ и определение их трудоемкости. По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в начале января. Самой объемной частью работ является написание теоретической части исследования и экспериментальной части. По графику видно, что такие работы, как составление и утверждение темы работы, выбор

объекта исследования, составление графика работ и согласование работы, выполнялись двумя исполнителями. Окончание работы в конце мая.

Далее был определен бюджет исследования, который составил 168 390 рублей.

Интегральный показатель ресурсоэффективности первого варианта исполнения 4,5 выше, чем второго.

Показатель сравнительной эффективности в итоге получился самым высоким 1,6.

Сравнив эти значения, можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности

5 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке подвеса для исследования характеристик CubeSat-ов. Целью работы является создание подвеса, который позволит проводить испытания спутников типа «CubeSat» системы ориентации и навигации в пространстве, что существенно упростит проектирование аналогичных спутников и приведет к удешевлению процессов испытания. Для работы использовалась ЭВМ «Intel Core i5». Проектирование конструкции системы производилось в программе «T-FLEX CAD 16», однако программирование конструкции системы производилось в программе «LabView».

Целью данного раздела работы является анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при использовании ЭВМ, оценка условий труда и микроклимата рабочей среды. Также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

При выполнении данной работы рабочими зонами являются:

Учебная лаборатория кабинет 35 Отделения электронной инженерии 4 корпуса ТПУ, где располагается несколько рабочих компьютеров со специализированными программами;

В текущем разделе рассматриваются вопросы охраны труда и техники безопасности, связанные с работой в лаборатории, а также разрабатываются мероприятия по предотвращению воздействия на здоровье работников лаборатории опасных и вредных факторов, создание безопасных условий труда для обслуживающего персонала.

Таким образом, в работе используется одно основное помещение, для которого предъявляются требования с точки зрения охраны труда и техники безопасности

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Организационные мероприятия

- Согласно [24] работник лаборатории 210, 4 корпуса ТПУ имеет право на:
- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
 - обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
 - отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
 - обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
 - внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

Имеется комплект документов по действию при пожаре, аварийной ситуации, проводятся тренировки по действию персонала, инструктаж на рабочем месте, допуск к работе.

Организация рабочей зоны инженера разработчика

Рабочее место в лаборатории 35, 4 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает инженер разработчик, должна составлять не менее 72 см. Оптимальные размеры поверхности стола 160 x 100 см². Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине не менее 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина

подставки 40 см, ширина – 35 см. При работе за компьютером удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что позволяет обеспечить удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами инженера-разработчика и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Кроме того, рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключающий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как это показано на рисунке 20.

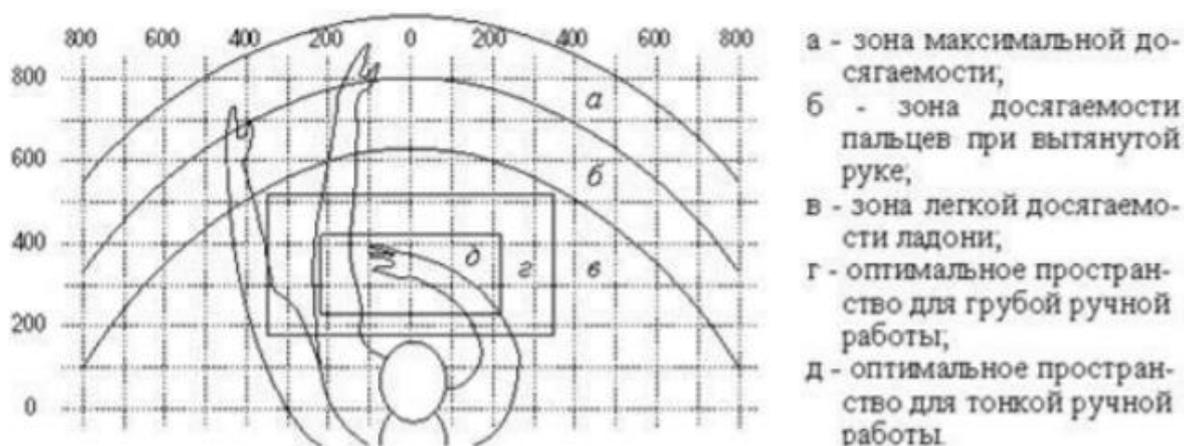


Рисунок 32 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: дисплей персонального компьютера размещается в зоне, а (в центре); клавиатура – в зоне г или д; системный блок размещается в зоне б (справа); документация: в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в шкафу для хранения – литература, которая не используется постоянно, но нужна при возникновении внештатных ситуаций. Рабочее место сотрудника лаборатории 210, 4 корпуса ТПУ должно в целом соответствовать требованиям норм.

5.2 Производственная безопасность

Разрабатываемая в процессе выполнения квалификационной работы система подразумевает использование электронной вычислительной машины (ЭВМ), а именно персонального компьютера «Intel Core i5». Поэтому с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке математической модели или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

5.2.1 Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы:

Таблица 27 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ на ЭВМ

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Разработка подвеса для исследования характеристик CubeSat-ов 2) Работа с ЭВМ	1. Повышенный уровень напряженности электростатического поля, электромагнитных полей; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Неудовлетворительный микроклимат	1. Поражение электрическим током 2. Пожаровзрывоопасность	СанПиН 2.2.1/2.1.1.127 8-03 СанПиН 2.2.2.542-96 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 СанПиН 2.2.4.1191-03

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Согласно [23] в лаборатории 35, 4 корпуса ТПУ экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Воздействие ЭМП негативно сказывается на здоровье человека. Персональные ЭВМ являются источниками широкополосных электромагнитных излучений:

- ультрафиолетового 200–400 нм;
- видимого 400–750 нм;
- ближнего ИК 750–2000 нм;
- радиочастотного диапазона 3кГц;
- электростатических полей.

Таблица 28 – Предельно допустимый уровень

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля на расстоянии 50 см от монитора	В диапазоне частот 5Гц–2кГц	25В/м
	В диапазоне частот 2кГц – 400 кГц	2,5В/м
Плотность потока магнитной индукции на расстоянии 50 см от монитора	в диапазоне частот 5 Гц –2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2кГц– 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для уменьшения воздействия электромагнитного излучения на организм необходимо выполнять следующие меры:

- расстояние до монитора должно составлять не менее 50 см;
- не допускается использование мерцающего монитора (нужно использовать монитор с частотой кадров не менее 70 Гц);

- расположение верхнего края монитора должно располагаться на уровне глаз;
- не допускается освещение экрана прямыми яркими источниками;
- использование монитора с низким разрешением;
- необходимы регулярные перерывы в работе.

Уровни ЭМП, ЭСП на рабочем месте в аудитории 35, 4 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 27. соответствуют нормам [25].

Электробезопасность:

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещается рабочее место с ЭВМ (персональный компьютер «Intel Core i5») в лаборатории 35 отделения электронной инженерии 4 корпуса ТПУ, оборудование оснащено защитным заземлением и занулением, в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [24].

Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- проведение инструктажей и допуск к работе;
- надзор во время работы. Уровень напряжения для питания ЭВМ в данной лаборатории 220 В, для серверного оборудования 380 В

По опасности поражения электрическим током помещение лаборатории ТПУ, согласно ПУЭ, относится к первому классу – без повышенной опасности. В данном помещении температура не превышает 35°С, влажность 75% [24]. Отсутствует токопроводящая пыль, токопроводящие полы и возможность одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй электрооборудованием.

Оператор установки работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта частей рентгеновского комплекса;

–при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей компьютера или установки);

–при коротком замыкании в высоковольтных блоках.

Предъявляются следующие технические требования к персональным компьютерам в лабораторных условиях:

–для электропитания компьютеров должна быть смонтирована отдельная сеть электроснабжения;

–не допускается использование оборудования без подключения к защитному заземлению, если такое подключение предусмотрено конструкцией оборудования;

–не допускается использование оборудования с открытыми корпусами, если это не является основным режимом работы оборудования;

–электрические розетки системы электропитания должны располагаться таким образом, чтобы кабели электропитания оборудования, расположенного на рабочем месте, не пересекали рабочее место (были направлены от места расположения пользователя) [28].

Освещение:

Использование рационального освещения помещений и рабочих мест, является одним из важнейших условий создания безопасных и благоприятных условий труда.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света. Помещения со специальным оборудованием должны иметь естественное и искусственное освещение согласно [25].

Таблица 29 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений жилых зданий [25]

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дискомфорта М, не более	Коэффициент пульсации K_p , %, не более
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении			
Лаборатории	Г-0,0	3,0	1,0	1,8	0,6	300	-	$\leq 5\%$ (работа с ЭВМ) $\leq 20\%$ (при работе с документацией)

В лаборатории 35, 4 корпуса ТПУ, для данного типа, относящихся к 3 разряду – высокая точность работ, минимальная освещенность в лаборатории должна составлять 300-500 лк [25]. В следствие производственной необходимости работа в лаборатории производится без естественного освещения, данные условия согласованы с органами государственного надзора за охраной труда. Общее освещение лаборатории должно быть выполнено в виде сплошных или прерывистых линий светильников, которые располагаются в стороне от рабочих мест параллельно линии зрения работников. Допускается размещение линии светильников искусственного освещения локально над рабочими местами. Для общего освещения необходимо применять светильники с рассеивателями и зеркальными экранами сетками или отражателями, укомплектованные высокочастотными пускорегулирующими аппаратами. Применение светильников без рассеивателей и экранных сеток запрещается.

Используемые источники света в лаборатории светодиодные светильники и металлогалогеновые лампы местного освещения. Условия труда в лаборатории 35, 4 корпуса ТПУ, по световому фактору соответствуют допустимым нормам [26].

Шум:

При работе с ЭВМ (персональный компьютер «Intel Core i5») в лаборатории 35, 4 корпуса ТПУ, характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы.

Повышенный шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум в лаборатории создается работающими установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникает извне.

Таблица 30 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест [27]

№ пп.	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование. Рабочие места в помещениях дирекции, проектноконструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Согласно [6] уровень шума в лаборатории 35, 4 корпуса ТПУ, не более 80 дБА и соответствует нормам.

Микроклимат:

Для проведение различных экспериментов в лаборатории 35, 4 корпуса ТПУ независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную

установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

Лаборатория 35, 4 корпуса ТПУ является помещением IIa категории. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) [28].

Таблица 31 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Катег. работ по уровню энерго затрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	IIa	19-21	18-22	40-60	0,2
Теплый	IIa	20-22	19-23	40-60	0,2

Таблица 32 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
25-50	100

В данной лаборатории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

Согласно [26] микроклимат в лаборатории 35, 4 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

5.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объектом исследования является лаборатория 35, 4 корпуса ТПУ.

Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере, истощение озонового слоя и прочие загрязнения природы приводят к тому, что в природе изменяются привычные для данного периода условия обитания. Электроника и оборудование для визуального контроля (линейки, штангенциркули) не несут в себе большой экологической угрозы.

Согласно [29], в случае возникновения аварии должны быть приняты практические меры для восстановления контроля над источником излучения и сведения к минимуму доз облучения, количества облученных лиц, радиоактивного загрязнения окружающей среды. При радиационной аварии или обнаружении радиоактивного загрязнения ограничение облучения осуществляется защитными мероприятиями, применимыми, как правило, к окружающей среде и (или) к человеку. Конструктивно установка «Исследователь» выполнена таким образом, что при любой радиационной аварии радиационное воздействие ограничивается помещением, где она размещена. Таким образом, воздействие ионизирующего излучения на население и опасность экологического загрязнения полностью исключены.

Согласно [26], анализ влияния объектов исследований на окружающую среду, в лаборатории 35, 4 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования не влияет каким-либо образом на окружающую среду, так как не имеет каких-либо расходуемых материалов, которые могли бы оказать влияние на окружающую среду, во время исследования.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Согласно [30] ЧС – это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям.

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

- пожары, взрывы;
- внезапное обрушение зданий, сооружений;
- геофизические опасные явления (землетрясения);
- метеорологические и агрометеорологические опасные явления;

Так как объектом исследований является система спроектированная в программном приложении, то наиболее вероятной ЧС в данном случае можно назвать пожар в лаборатории с оборудованием. В серверной комнате применяется дорогостоящее оборудование, не горючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом, возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности. К примеру, замыкание электропроводки - в большинстве случаев тоже человеческий фактор. Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в серверной комнате.

–Согласно [31] предел огнестойкости серверной должен быть следующим: перегородки - не менее EI 45, стены и перекрытия - не менее REI 45. Т.е. в условиях пожара помещение должно оставаться герметичным в течение 45 минут, препятствуя дальнейшему распространению огня.

–Помещение серверной должно быть отдельным помещением, функционально не совмещенным с другими помещениями. К примеру, не

допускается в помещении серверной организовывать мини-склад оборудования или канцелярских товаров.

–При разработке проекта серверной необходимо учесть, что автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) должна быть обеспечена электропитанием по первой категории (п. 15.1 СП 5.13130.2009).

–Согласно [31] в системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений следует предусматривать автоматически закрывающиеся при обнаружении пожара воздушные затворы (заслонки или противопожарные клапаны).

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в лаборатории 35, 4 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

–неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.

–электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

–перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;
- обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптикоэлектронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

4 корпус ТПУ оснащен первичными средствами пожаротушения: огнетушителями (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

Таблица 33 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а.

Таблица 34 – Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

В 4 корпусе ТПУ имеются пожарная автоматика и сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации. Таким образом, можно сделать вывод, что помещения 4 корпуса НИ ТПУ полностью соответствуют всем требованиям экологической, пожарной и производственной безопасности, а также безопасности в чрезвычайных ситуациях. Данные помещения имеют необходимую документацию по эксплуатации оборудования.

Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы было всесторонне изучена технология изготовления «CubeSat» и обзор существующих способов тестирования «CubeSat». В ходе ВКР был разработан подвес для исследования характеристик «CubeSat». Разработанный подвес позволит проводить испытания спутников типа «CubeSat» системы ориентации и навигации в пространстве, что существенно упростит проектирование аналогичных спутников и приведет к удешевлению процессов испытания.

В рамках планирования выпускной квалификационной работы была составлена структура работ, разработка графика этих работ и определение их трудоемкости. По календарному плану-графики проведения ВКР видно, что начало работы было в начале февраля. Самой объемной частью работ является написание теоретической части исследования и экспериментальной части.

Проведя исследования социальной ответственности выпускной квалификационной работы хотелось бы отметить, что в 4-м корпусе НИ ТПУ полностью соответствует всем требованиям экологический, пожарной и производственной безопасности.

Список использованных источников

1. Пайсон Д.Б. Малые спутники в современной космической деятельности/ Пайсон Д.Б.//Специальный выпуск «Спутниковая связь и вещание» –2017. – №2. – С.3-5.
2. Ермилов В.Т. Международное регулирование применения земных станций спутниковой связи типа VSAT [Текст] / Ермилов В.Т. М.: Радио и связь, Горячая линия - Телеком, 2005, обл., 284с
3. Hi-news.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://hi-news.ru/space/kak-ustroeny-kubsaty-cubesat.html>. Дата обращения 30 мая 2020
4. Mapgroup [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mapgroup.com.ua/articles/interesno-znat/1180-chto-my-znaem-o-nanosputnikakh-cubesat>. Дата обращения 30 мая 2020
5. Платформа для новых спутников успешно испытана на орбите Земли [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://top.so-bitie.ru/tehnolog/370-platforma-dlya-novyh-sputnikov-uspeshno-ispytana-na-orbite-zemli.html>. Дата обращения 30 мая 2020
6. CubeSat Design Specification Rev. 12[Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cubesat.org/resources>. Дата обращения 30 мая 2020
7. В.С. Камалов. Производство космических аппаратов. - М.: Машиностроение, - 1982. 280 с.
8. И.Е. Зараменских, С.О. Карпенко, А.М. Овчинников и др. Лабораторный стенд для отработки способов управления ориентацией малых КА/ Труды Совещания “Управление движением малогабаритных спутников”. Под ред. М.Ю. Овчинникова. Препринт ИПМ им.М.В. Келдыша РАН, Москва, 2006, N 5, с. 13-14.
9. Кучина Ю. В., Круглов П. В. Разработка конструкции стенда трёхосного обезвешивания малого космического аппарата для

наземной экспериментальной отработки системы ориентации и стабилизации

10. Спутникс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sputnix.ru/ru/oborudovanie/ispitatelnye-stendy-new/stend-polunaturnogo-modelirovaniya-sos>. Дата обращения 30 мая 2020
11. Irina Gavrilovich Development of a robotic system for CubeSat Attitude Determination and Control System ground tests. Automatic. Université Montpellier, - 2016г. – с.24–25
12. Кузьмина Р.П. Гироскоп в кардановом подвесе/ Кузьмина Р.П. – Москва: Университетская книга, 2012. –71с
13. ЭлектроПомощь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://grand-electro.ru/elektrooborudovanie/primenenie-shagovyh-dvigatelay.html>. Дата обращения 30 мая 2020
14. ASUTPP [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.asutpp.ru/shagovyuy-dvigatel.html>
15. PLANETA НОВВУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://modelistam.com.ua/kakustroen-servoprivod-printsip-raboty-a-164/>. Дата обращения 30 мая 2020
16. RoboParts [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://roboparts.ru/products/as310pg>. Дата обращения 30 мая 2020
17. 3DiY [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3d-diy.ru/product/shagovyuy-dvigatel-nema-17-42hs48-1684>
18. Компэл [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/75973>. Дата обращения 30 мая 2020
19. Амперка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:troyka:stepper>. Дата обращения 30 мая 2020
20. Cu-Prum [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cu-prum.ru/alyuminij1/splav-d16t.html>

21. <http://elektrik.info/main/lighting/783-svetodiody-i-ih-primenenie.html>
22. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение: учебно-методические пособие // И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
23. Электромагнитная излучения [электронный ресурс], URL: <https://vuzlit.ru/147620/istochniki>, Дата обращения: 10.03.2019
24. ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. Седьмое издание, 2002
25. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение, 2011
26. Специальная оценка условий труда в ТПУ. 2018.
27. СН 2.2.4/2.1.8.562–96, Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996
28. ГОСТ 30494-2011, здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011
29. СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности НРБ99/2009 Повышенный уровень ионизирующего излучения, 2009
30. ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий, 1994
31. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования

Приложение А

Перв. примен.

Справ. №

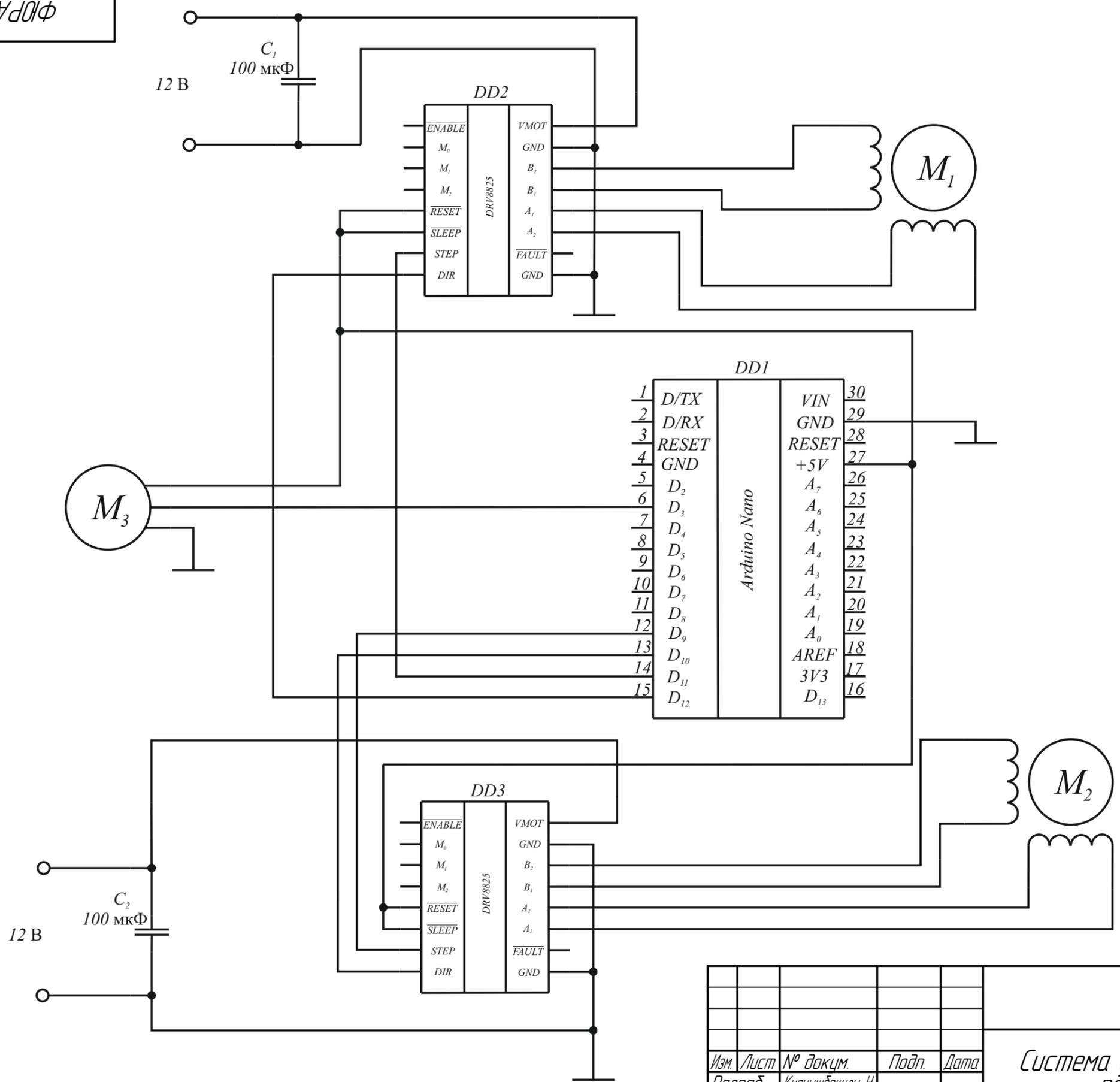
Подп. и дата

Инд. № дудл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Кцанышдекулы Н.			
Пров.	Баранов П.Ф.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ФЮРА.650070 ЭЗ			
Система управление подвесом	Лит.	Масса	Масштаб
Схема электрическая принципиальная	Лист	Листов	1

Приложение Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Документация</i>		
A3			<i>ФЮРА. 650070. ЭЗ</i>	<i>Схема электрическая</i>	1	
				<i>принципиальная</i>		
		1	<i>12В</i>	<i>Блок питания</i>	2	
				<i>SR-12/3A</i>		
		2	<i>DD1</i>	<i>Плата</i>	1	
				<i>Arduino Nano</i>		
				<i>Драйверы ШД</i>		
		3	<i>DD2,DD3</i>	<i>DRV8825</i>	2	
				<i>Шаговые двигатели</i>		
		4	<i>M1,M2</i>	<i>Нета 17HS4401S</i>	2	
				<i>Конденсаторы</i>		
		5	<i>C1,C2</i>	<i>100 мкФ x 16 В</i>	2	
				<i>ЕСАР (К50-35)</i>		
				<i>Сервопривод</i>		
		6	<i>M3</i>	<i>AS3103PG</i>	1	

Подп. и дата
Инв. № дубл
Взаим. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

<i>ФЮРА.650070.СП</i>				
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата.
Разраб.		<i>Куанышбекулы Н.</i>		
Пров.		<i>Баранов П.Ф.</i>		
Н.контр.				
Утв.				
<i>Система управления</i>			Лит.	Лист
<i>подвесом</i>			У	1
			ТПУ	ИШНКБ
			Группа	1А6Б