

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**  
 Отделение **электронной инженерии**

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Макет Авиатренажёра</b>

УДК 377.169.3:004:629.73.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Волынец Артем Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЭИ	Коломейцев А.А.	—		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Авдеева И.И.	—		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Арышева Г.В.	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;
ОПК(У)-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
ОПК(У)-3	Способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей;
ОПК(У)-4	Готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей, и подготовки конструкторско-технологической документации;
ОПК(У)-5	Способность использовать основные приемы обработки и

	представления экспериментальных данных;
ОПК(У)-6	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;
ОПК(У)-7	Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
ОПК(У)-8	Способность использовать нормативные документы в своей деятельности;
ОПК(У)-9	Способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
ПК(У)-2	Способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
ПК(У)-3	Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы виде научных отчетов, публикаций, презентаций
ПК(У)-4	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов
ПК(У)-5	Готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
ПК(У)-6	Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы
ПК(У)-7	Способность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

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 **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)     (Дата)     В.С. Иванова  
 (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

<b>бакалаврской работы</b> <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>
---

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1А7Б	Волынец Артем Сергеевич

Тема работы:

<b>Макет Авиатренажёра</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№25-15/с от 25.01.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2021
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <small>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</small></p>	<p>Объектом проектирования является разработка макета Авиатренажёра.          Цель работы – разработка макета Авиатренажёра.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <small>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</small></p>	<p>Теоретический обзор предметной области;          Разработка структурной схемы;          Разработка схемы электрической принципиальной;          Разработка 3D модели макета;          Программирование кода для микроконтроллера.</p>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема электрическая принципиальная ФЮРА.334216.037 ЭЗ; Сборочный чертеж ФЮРА.334216.037 СБ.
---	---

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Гасанов Магеррам Али оглы
<b>Социальная ответственность</b>	Авдеева Ирина Ивановна
<b>Нормоконтроль</b>	Арышева Галина Владиславовна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
—	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	13.02.2021
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	к.т.н.		13.02.2021
Старший преподаватель ОЭИ	Коломейцев Андрей Анатольевич	—		13.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Волынец Артем Сергеевич		13.02.2021

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**

Уровень образования **бакалавриат**

Отделение **электронной инженерии**

Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

**бакалаврская работа**

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2021	<i>Раздел 1. Обзор литературы на авиационный тренажер</i>	20
20.03.2021	<i>Раздел 2. Объект и методы исследования</i>	20
14.04.2021	<i>Раздел 3. Расчеты и аналитика</i>	20
03.05.2021	<i>Раздел 4. Результаты разработки</i>	15
20.05.2021	<i>Раздел 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
24.05.2021	<i>Раздел 6. Социальная ответственность</i>	10
08.06.2021	<i>Оформление ВКР</i>	5

#### СОСТАВИЛ:

#### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		13.02.2021

#### Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЭИ	Коломейцев А.А.	—		13.02.2021

#### СОГЛАСОВАНО:

#### Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		13.02.2021

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1А7Б	Волынец Артему Сергеевичу

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЭИ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта не более 500 000 рублей.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Расходы на ресурсы не должны превышать 58 000 рублей. Премияльный коэффициент 30%; Дополнительной заработной платы 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>- Потенциальные потребители результатов НТИ; - Анализ конкурентных технических решений; - Выполнение SWOT-анализа проекта.</i>
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>- Определение целей и ожиданий, требований проекта; - Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
<i>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>- Составление календарного плана проекта; - Определение бюджета НТИ.</i>
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>- Сравнительная оценка вариантов исполнения проекта.</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. График проведения и бюджет НТИ</li> <li>4. Определение бюджета НТИ</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</li> </ol>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2021
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н		27.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Волынец Артем Сергеевич		27.02.2021



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1А7Б	Волынец Артему Сергеевичу

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОЭИ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Тема ВКР:

<b>Макет Авиатренажёра</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><b>Объектом исследования</b> - макет Авиатренажёра <b>Рабочая зона</b> – лаборатория (4 корпус, ЦУП). <i>Технологический процесс включает в себя работу с электронным оборудованием. Площадь отопляемого помещения 20 м<sup>2</sup>, высота помещения 4 м, объем 80 м<sup>3</sup>. Освещение смешанное, наличие ПК и рабочего стола оператора.</i> <b>Области применения</b> – бытовая, в качестве развлечения, испытательные центры.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p><i>Правовое обеспечение и организационные мероприятия согласно ГОСТ 12.4.299-2015 и ТК РФ от 29.12.2020 N477-ФЗ</i> <i>Законодательные и нормативные документы по теме:</i> <i>ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ;</i> <i>ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ;</i> <i>ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ;</i> <i>ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ;</i> <i>ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ;</i> <i>ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ;</i> <i>ГОСТ 12.2.032-78;</i> <i>СП 52.13330.2016;</i> <i>СанПиН 1.2.3685-21;</i> <i>НПБ 105-03;</i> <i>Федеральный закон от 30.12.2020 г. №503 – ФЗ</i> <i>Конституция Российской Федерации</i></p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><b>Вредные:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>2. Повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>3. Неудовлетворительный микроклимат.</li> </ol> <p><b>Психофизические факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Монотонность труда;</li> <li>2. Умственное перенапряжение;</li> <li>3. Эмоциональные и физические перегрузки.</li> </ol> <p><b>Опасные:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенный уровень напряженности электростатического поля;</li> <li>2. Поражение электрическим током;</li> </ol>

	<i>3. Короткое замыкание.</i>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<i>Литосфера: отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств, галогеновых и светодиодных светильников, использованная макулатура.</i>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<i>Характерны следующие виды ЧС: 1. Пожары, взрывы; 2. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления. Наиболее вероятной ЧС: Повышенный уровень пожароопасности при коротком замыкании.</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>01.03.2021</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Авдеева Ирина Ивановна	—		01.03.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Волынец Артем Сергеевич		01.03.2021

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 131 страниц, 52 рисунка, 27 таблиц, 108 источников, 10 приложений.

Ключевые слова: авиационный тренажер, авиасимулятор, макет, система подвижности, конструирование, микроконтроллер, сервопривод.

Объектом исследования является разработка макета Авиатренажёра.

Цель работы – разработка макета Авиатренажёра.

В процессе исследования проводилось изучение методов реализации авиатренажёров, изучение программно–аппаратной платформы Mbed.

Разработка 3D–модели проводилось в программе T–FLEX CAD 17 и Autodesk Fusion 360.

В результате исследования разработана схема электрическая принципиальная, создана 3D–модель, программный код управления макетом.

Основные конструктивные, технологические и технико–эксплуатационные характеристики: диапазон вращения макета 360 град.; максимальная скорость вращения серводвигателей 60 град. за 0,22 сек (273 град/с); масса 0,5 кг; габаритные размеры макета 130×122×179 мм.

Степень внедрения: средняя.

Область применения: макетный образец (в лабораториях и испытательных центрах); в качестве источника дохода (компании в сфере развлечения); обучение и развитие летных навыков и навыков вождения (автошколы и летные школы).

Экономическая эффективность/значимость работы: проект обладает средней экономической эффективностью.

В будущем планируется добавить в макет индикаторы (дисплеи), элементы управления, приборную панель, то есть реализовать полноценный авиатренажёр. А также программно реализовать соединение тренажера с программами для авиасимуляции тренировок.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

«Трудовой кодекс Российской Федерации» от 29.12.2002 N 477-ФЗ (последняя редакция).

ГОСТ 12.2.032–78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования, 2001.

ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация, 1989.

ГОСТ Р 50571.3–2009 (МЭК 60364-4-41:2005) Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током, 2009.

ГОСТ Р 55710–2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений», 2013.

ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности, 2014.

ГОСТ Р 57259–2016. Тренажеры авиационные. Термины и определения», 2016.

ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011.

ГОСТ Р 55102–2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртульсодержащих устройств и приборов, 2012.

ГОСТ Р 55090–2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги, 2012.

ГОСТ 12.0.003–2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015.

ГОСТ Р 22.0.02–2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий, 2016.

ГОСТ Р 50571.4.44–2019 (МЭК 60364-4-44:2007) Защита для обеспечения безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений, 2019.

СП 6.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности, 2013.

СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение, 2016.

СП 484.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования, 2020.

СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания, 2021.

НПБ 105–03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, 2003.

НПБ 104–03. Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях, 2008.

Специальная оценка условий труда в Томском политехническом университете, 2019.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

отладочная плата: Набор комплексного решения от определённого производителя контроллера, призванная для упрощения создания проекта и отладки ПО.

имитатор акселерационных воздействий (система подвижности): Устройство, обеспечивающее перемещение кабины тренажера в пространстве в соответствии с моделируемым движением воздушного судна.

имитатор вибрационных эффектов: Тренажерный имитатор, воспроизводящий в кабине экипажа тряску кресла пилота при движении воздушного судна по взлетно-посадочной полосе, а также при полете на критических режимах и при вибрации вертолета.

зона нечувствительности (мертвая зона): Диапазон изменения входного сигнала системы, в пределах которого не наблюдается реакция в выходном сигнале или в состоянии системы.

4К: Обозначение разрешающей способности в цифровом кинематографе и компьютерной графике, примерно соответствующее 4 000 пикселей по горизонтали.

8К: Обозначение разрешающей способности в цифровом кинематографе и компьютерной графике, приблизительно соответствующее 8000 пикселей по горизонтали.

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ВС – воздушное судно;

ЭВМ – электронно–вычислительная машина;

АТ – авиационный тренажер;

РЛЭ – руководство по лётной эксплуатации;

ЧПУ – числовое программное управление;

АЦП – аналого–цифровой преобразователь;  
РУД – рычаг управления двигателем;  
ШИМ – широтно–импульсная модуляция;  
КПД – коэффициент полезного действия;  
НТИ – научно–техническое исследование;  
СО – социальная ответственность;  
ЭЧ – экономическая часть;  
ЧС – чрезвычайные ситуации;  
ФЗ – федеральный закон;  
РФ – российская федерация;  
ТК – трудовой кодекс;  
ТПУ – томский политехнический университет;  
ПК – персональный компьютер;  
ВПП – взлётно–посадочная полоса;  
БСНН – безопасность сверхнизкого напряжения;  
ЗСНН – защитное сверхнизкое напряжение.

## Оглавление

Введение.....	18
1 Обзор литературы на авиационный тренажер.....	20
1.1 Классификация авиационных тренажёров.....	21
1.2 Состав авиационного тренажера.....	22
1.2.1 Кабины с рабочим местом.....	22
1.2.2 Система подвижности.....	23
1.2.3 Вычислительная система (ЭВМ).....	25
1.2.4 Система визуализации.....	27
1.2.5 Модуля имитатора динамики полета.....	28
1.2.6 Модуля имитатора системы управления и приборов.....	29
1.2.7 Модуля имитатора силовой установки (двигателей).....	29
1.3 Обзор существующих тренажеров и отдельных модулей.....	30
1.3.1 Система числового программного управления (ЧПУ) для управления авиасимулятором.....	30
1.3.2 Разработка тренажера кабины вертолета Ми-8Т.....	33
1.3.3 Кабина летного тренажера общего назначения (модель MTGS332V55).....	36
1.3.4 Разработка панели летного тренажера Cessna 172.....	37
1.3.5 Приборная панель G1000 с элементами управления.....	38
1.3.6 Панель авиасимулятора Boeing737 или AirbusA320.....	39
1.3.7 Профессиональная контрольная колонна с педалями.....	41
1.3.8 Разработка контрольной колонки с тактильной обратной связью (Проект VR FlightSim).....	42
1.4 Патентный поиск.....	43
1.4.1 Авиационный симулятор (авиасимулятор) самолета Boeing 737.....	44
1.4.2 Тренажер для обучения летчиков пилотированию ударного вертолета и применению авиационных средств поражения.....	46
1.4.3 Тренажерный комплекс для подготовки экипажей кораблей.....	48
1.4.4 Симулятор полета космического корабля.....	49
1.4.5 Способ дистанционного пилотирования.....	50
1.4.7 Аттракцион-тренажер.....	52
1.4.8 Аттракцион симуляции движений.....	53
1.4.9 Результаты патентного поиска.....	54
2 Объект и методы исследования макета.....	56
2.1 Разработка структурной схемы.....	56

3	Расчеты и аналитика макета .....	59
3.1	Проектирование 3D модели .....	59
3.2	Разработка электронной части .....	60
3.2.1	Двигатели .....	60
3.2.2	Драйвер .....	62
3.2.3	Двухосевой джойстик .....	69
3.2.4	Вибромодуль .....	74
3.2.5	Микроконтроллер .....	76
3.2.6	Источника питания .....	78
3.3	Программный код на платформе Mbed .....	80
4	Результаты разработки .....	81
4.1	Проверка работоспособности макета .....	81
4.2	Результаты работоспособности макета .....	83
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	84
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	84
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	84
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений .....	85
5.1.3	SWOT–анализ .....	89
5.2	Планирование научно–исследовательских работ .....	92
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	92
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	93
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	94
5.2.4	Бюджет научно–технического исследования (НТИ) .....	95
5.2.4.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	96
5.2.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	98
5.2.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	99
5.2.4.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	101
5.2.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	101
5.2.4.6	Расчет затрат на научные и производственные командировки .....	102
5.2.4.7	Контрагентные расходы .....	102
5.2.4.8	Накладные расходы .....	102
5.2.4.9	Формирование бюджета затрат научно–исследовательского проекта .....	103



5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	104
5.4 Выводы по разделу .....	106
6 Социальная ответственность .....	108
6.1 Социальная ответственность .....	108
6.1.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	108
6.1.1.1 Правовые нормы трудового законодательства.....	108
6.1.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны.....	109
6.1.2 Производственная безопасность.....	109
6.1.2.1 Мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов.....	110
6.1.3 Экологическая безопасность.....	114
6.1.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС).....	115
6.2 Выводы по разделу .....	116
Заключение.....	117
Список использованных источников.....	118
Приложение А Список компонентов макета авиатренажёра.....	132
Приложение Б Модели макета авиатренажёра.....	133
Приложение В Схемы подключения компонентов.....	135
Приложение Г Программный код.....	137
Приложение Д Спецификация ФЮРА.334216.037 СП .....	141
Приложение Е Схема электрическая принципиальная ФЮРА.334216.037 ЭЗ.....	142
Приложение Ж Перечень элементов ФЮРА.334216.037.018 ПЭЗ .....	143
Приложение И Сборочный чертеж ФЮРА.334216.037 СБ.....	144
Приложение К Временные показатели проведения научного исследования.....	145
Приложение Л Календарный план-график проведения НИОКР .....	147

## **Введение**

В данной работе представлена разработка макета авиационного (пилотажного) тренажёра.

Разрабатываемый макет авиационного тренажера дает возможность проводить испытания, как в программном обеспечении (управляемость, пользовательский интерфейс), так и в конструировании (новые инженерные доработки). Макет позволяет развивать универсальность готового устройства, как тренажер в сфере развлечений, так и в качестве тренажера для водителей.

Тренажёрная подготовка имеет тенденцию роста в связи с тем, что человеческий фактор остается главной причиной авиационных происшествий. Подготовка пилотов на авиационном тренажёре, является важнейшим элементом обеспечения безопасной эксплуатации ВС, позволяющая минимизировать негативное влияние человеческого фактора и ошибочных действий экипажа ВС [1].

Кроме того, если в реальном полёте экипажу надо предоставлять внушительное время для выполнения рутинных операций, то на тренажёре программное обеспечение позволяет изменять географическое положение, условия полёта, погоду, прекращение выполнения задания в любое время (например, для разбора полета) [2]. В особенности для военной авиации важны авиатренажеры, поскольку при помощи них можно отрабатывать боевые ситуации, которые маловероятно воссоздать в мирное время (выполнять задачи в нештатных ситуациях). Также подготовка пилотов на авиатренажёрах выгодна с финансовой точки зрения.

Также авиатренажеры можно применять не только в качестве авиасимулятора (таблица 1). Но и в качестве автомобильного симулятора или даже приближенного к космическим ситуациям (невесомость и высокие перегрузки) [3].

Перечислим главные достоинства разработки авиатренажёра:

- 1) Универсальность тренажера;
- 2) Относительная недорогая стоимость реализации (если сравнивать с самолетом);
- 3) Безопасность (в сравнении при подготовке пилотов на реальном самолете);
- 4) Относительная мобильность тренажера (небольшие габариты).

Таблица 1 – Практическая значимость результатов ВКР

Заинтересованные стороны	Полученные результаты
Лаборатории и испытательные центры;	Использование в качестве тестирования работоспособности макета;
Компании в сфере развлечения;	В качестве источника дохода;
Летные школы и автошколы.	Проведение учений приближенных к реальности на тренажёрах; Обучение и развитие летных навыков и навыков вождения.

## 1 Обзор литературы на авиационный тренажер

Авиационный (пилотажный) тренажёр (АТ) – симулятор полёта, созданный для наземной подготовки пилотов. В авиационном тренажёре имитируется, через программно–аппаратный комплекс, динамика полёта и работа систем воздушного судна (ВС) с помощью специальных моделей, реализованных в программном обеспечении вычислительного комплекса тренажёра [4].

Авиационный тренажер применяется для теоретической подготовки как летного, так и инженерно-технического состава.

Для летного состава:

- 1) изучение теоретического материала по конструкции;
- 2) закрепление теоретических знаний по эксплуатации бортовых систем на программном тренажере;
- 3) отработка навыков и умений по выполнению полета на боевое применение, в том числе и в особых случаях полета;
- 4) процедурный контроль знаний.

Для инженерно–технических специалистов:

- 1) изучение назначения, состава, размещения и принципа работы оборудования;
- 2) проверка и настройка бортового оборудования;
- 3) техническое обслуживание.

Одним из ключевых требований при работе современных АТ является обеспечение абсолютной идентичности работы имитаторов приборов и кабинного оборудования реальным самолетным системам. Такая точная и высококачественная симуляция позволяет получить правильные навыки обучения на тренажере [5]. Из-за несоответствия тренажера реальному ВС у пилотов формируются ошибочные привычки («ложный навык»), которые могут привести к нештатным ситуациям [6].

## **1.1 Классификация авиационных тренажёров**

Авиационные тренажёры в зарубежной литературе принято делить по критерию степени соответствия имитации полета и выполнения определенных задач:

- 1) **Тактические тренажёры** – предназначены для отработки групповых боевых действий;
- 2) **Комплексные тренажёры** – обеспечивающие подготовку экипажей в полном размере их функциональных обязанностей по летной эксплуатации ВС;
- 3) **Процедурные тренажёры** – предназначены для отработки экипажем процедур подготовки и выполнения полёта [4].

В соответствии с ГОСТ Р 57259–2016 авиатренажеры различают:

- 1) **комплексный тренажер** (полномасштабная имитация кабины экипажа определенного типа ВС);
- 2) **комплексный специализированный тренажер** (выполнения специализированных задач обучения и тренировки);
- 3) **тренажер навигационной системы и системы вооружения;**
- 4) **пилотажный тренажер** (имитация закрытой или открытой кабины экипажа с установленным пилотажным оборудованием);
- 5) **пилотажно-навигационный тренажер** (с установленным пилотажным и навигационным оборудованием);
- 6) **процедурный тренажер кабины экипажа** (имитация открытой кабины экипажа, включая все оборудование и программно-математическое обеспечение, которые необходимы для воспроизведения движения и управления ВС на земле и в полете);
- 7) **базовый тренажер для пилотирования по приборам;**
- 8) **другое устройство для подготовки** (отличное от перечисленных устройство для обучения, которому необязательна полномасштабная кабина экипажа);

9) подготовка с использованием компьютерных систем обучения (использование обучающих программ, установленных на персональном компьютере или на рабочей станции);

10) реконфигурируемый авиационный тренажер (авиационный тренажер, имитирующий другое ВС) [3].

В современной практике подготовки пилотов гражданской авиации большое распространение получили комплексные и процедурные тренажеры.

Разрабатываемое устройство можно быть отнесено к категории процедурного или реконфигурируемого тренажера, так как устройству необязательно полноценная кабина экипажа.

## **1.2 Состав авиационного тренажера**

В основном авиационные тренажеры состоят из:

- 1) Кабины с рабочим местом;
- 2) Система подвижности имитатора кабины;
- 3) Вычислительной системы (ЭВМ);
- 4) Модуля имитатора и отображения визуальной обстановки;
- 5) Модуля имитатора динамики полета (движение самолета в пространстве);
- 6) Модуля имитатора системы управления и приборов;
- 7) Модуля имитатора силовой установки (двигателей) [7].

Также присутствует дополнительные системы, например, модуль кондиционирования воздуха в кабине тренажера.

Рассмотрим основные элементы системы тренажера.

### **1.2.1 Кабины с рабочим местом**

Имитатор кабины экипажа вертолета предназначен для размещения рабочих мест обучаемых членов экипажа вертолета, органов управления и имитаторов приборов, прицельно-навигационного комплекса дополнительного оборудования, необходимого для функционирования тренажера.

В качестве имитатора кабины экипажа может использоваться либо реальная носовая часть самолета или вертолета, либо ее макет, который по своим внутренним размерам, составу и размещению, рабочих мест членов экипажа, штатных органов управления, имитаторов приборов и оборудования полностью соответствует носовой части реального вертолета [8].

### **1.2.2 Система подвижности**

Система подвижности приводит кабину тренажёра в движение, что позволяет пилотам чувствовать нормальную, продольную и боковую перегрузку и угловые ускорения по трем осям или шести степеням свободы, близких к тем, которые возникают в реальном полете (имитации акселерационных эффектов) [4].

Моделирование вибраций осуществляется двумя способами:

1) Вибрационная платформа устанавливается под кабиной. Эта система обеспечивает широкую полосу частот, независимые оси привода (во избежание перекрестных связей) и значительную жесткость.

2) Вибрационная платформа устанавливается так, чтобы вибрация кресел летчиков, органов управления и центральной панели приборов происходила независимо от кабины. Такое решение обеспечивает уменьшение подвижной массы полезной нагрузки и таким образом сводит к минимуму риск возникновения резонансных явлений [9].

Как правило в тренажерах применяют ограниченный ход платформы имитация перегрузки которой выполняется кратковременно, однако это считается достаточным, поскольку главным результатом является изменение перегрузки, вызванное управлением, но не само значение перегрузки [4].

В современных авиационных тренажерах для обеспечения подвижности наибольшее распространение получили два варианта подвижных платформ. Наиболее совершенные комплексные системы (Level-D) оснащаются платформой Гью–Стюарта, обеспечивающей движение кабины по шести координатам (6DOF) [10]. Для этого используется конструкция из шести

подвижных опор, дающая кабине тренажера свободу движения во всех необходимых плоскостях. Этот довольно дорогостоящий функционал и используется не на всех авиатренажерах [6].

В более простых системах (Level-A, FTD) применяются платформы с тремя степенями свободы (3DOF) [10].

Тренажеры с ограниченным ходом платформы имитирует перегрузку на небольшом участке времени (меньше секунды) что является существенным недостатком такого тренажера по сравнению с неограниченной платформой.

В авиационных тренажерах симуляторах или авиационных аттракционах используют неограниченный ход платформы (например, двухосевое или трехосевое вращение 360 градусов), т.е. две или три степени свободы [11, 12].

Самый известный тренажёр с неограниченной свободой вращения имеет симулятор Desdemona разработанный для обеспечения устойчивого моделирования перегрузки [13].

Невозможность создания на тренажере долговременной нормальной перегрузки является допустимым для подготовки пилотов неманевренных самолетов. Однако для подготовки пилотов маневренных самолетов это является неприемлемым. Поэтому для имитации перегрузки используются специальные перегрузочные костюмы. При создании перегрузки в эти костюмы подается сжатый воздух, который сковывает движения пилота и затрудняет его дыхание [14].

Систему подвижности для ограниченной платформы разделяют по типу силового привода на гидравлические, электрические, электрогидравлические и электропневматические. Для неограниченной системы подвижности применяют систему электромотора с редуктором или без него. Гидравлические системы подвижности продолжают оставаться эталонами по качеству движения, но имеют высокую стоимость эксплуатации, высоким энергопотреблением, повышенным шумом, так как используются гидронасосные станции [4].



### 1.2.3 Вычислительная система (ЭВМ)

Для обеспечения реалистичных условий виртуального полета необходимо использование набор данных, собранных из компьютерных моделей, полевых испытаний и сложных алгоритмов, на основе которых осуществляется программирование поведения симуляторов [13].

Как правило производители авиационных тренажеров зачастую вынуждены индивидуально проектировать ПО под разработанный компонент под свою вычислительную платформу. Наибольшие трудности связаны с необходимостью выполнения всех операций в реальном масштабе времени. Использование модульного подхода (разделение элементов по модулям), облегчает некоторые трудности, но и налагает дополнительные ограничения, связанные с приведением данных в совместимую форму, систему в целом. Таким образом необходимо обеспечивать совместимость модулей друг с другом. Например, модули и интерфейс могут рассматриваться с функциональной точки зрения (логический уровень) или как набор аппаратных и программных модулей (физический уровень). Указанное разделение позволяет достичь разделение уровней так, чтобы изменения на одном уровне не вызывали изменений на другом [15].

В сумме они создают адекватную картину полета: зрение – система визуализации и приборная доска, кинестетический канал – система загрузки рычагов управления, слух – имитаторы авиационных шумов, вестибулярный аппарат – система подвижности. Выполняет координацию всех перечисленных факторов, математическая модель динамики полета самолета/вертолета с системой управления, которая и размещается в головном компьютере вычислительного комплекса [16].

Рассмотрим наиболее популярные примеры ПО:

#### 1) Microsoft Flight Simulator X

Гражданских авиасимулятор, выпускаемый корпорацией Microsoft. От многих серий авиасимуляторов отличается весьма реалистичной физикой нормального полёта, и, как следствие, большой сложностью управления

самолётом. Наличие практически всех крупных аэропортов мира с реалистичными данными, реальным ландшафтом, реалистичными погодными условиями, что делает данный симулятор одной из лучших в своём классе.

В играх предусмотрены использование автопилота, диспетчерское сопровождение и возможность загрузки реальных погодных условий для полёта из Интернета. Также имеются встроенные средства анализа полёта, повтор.

Microsoft Flight Simulator используется лётными учебными заведениями для обучения пилотов. Например, позволяет освоить первоначальные навыки пилотирования в простых и сложных метеоусловиях на различных этапах полета, от предполётной подготовки, взлёта и полёта до выполнения снижения и посадки. Могут рассматриваться штатные и нештатные ситуации, в том числе в рамках тренировки взаимодействия экипажа по отработке аварийных ситуаций согласно Руководству по лётной эксплуатации (РЛЭ) соответствующего типа воздушного судна (ВС). На базе тренажёрных комплексов, использующих Microsoft Flight Simulator в качестве платформы, принимаются некоторые зачёты и экзамены [17].

## 2) X Plane 11

Авиасимулятор, разработанный для Mac OS X (но также доступный для Windows, Linux) компанией Laminar Research. В состав X-Plane входят несколько коммерческих, военных и других самолётов, а также глобальный пейзаж, который охватывает большую часть Земли. Также в поставку авиасимулятора входит программное обеспечение для создания и настройки моделей самолётов. X-Plane имеет систему плагинов, позволяющую пользователям расширять функциональность симулятора и создавать свои собственные миры или копии реальной местности [18].

Популярность этого программного обеспечения обусловлена в основном его реалистичностью. Последнее обновление имеет новый пользовательский интерфейс высокой четкости, а качество и реалистичные детали делают эту симуляцию близкой к реальному нахождению в самолете.

### 3) DCS World

Компьютерная игра в жанре симулятор боевых действий от российской компании «Eagle Dynamics». Считается одним из лучших симуляторов полета, доступных на ПК – это программное обеспечение считается достаточно реалистичным. Эта симуляция гораздо больше, чем видеоигра, реальная задача которой научиться управлять виртуальным самолетом из высокодетализированной кабины и при помощи приборной панели.

### 4) AeroFly2

Игра в жанре симуляторы, разработанная IPACS. Aerofly 2 имеет четкие и детализированные кабины, замечательную пилотажную физику. Aerofly предлагает новейшую 3D–графику, а модель динамики полета дает высокий уровень реализма [19].

Также существуют и другие ПО, но как уже было сказано разработаны они под индивидуальный тренажер или кампанию, разрабатывающую тренажер.

## 1.2.4 Система визуализации

Главная задача данной системы является обеспечение правильное восприятие пилотом всех изображений. С этой целью сегодня используют два основных типа визуализации [20]. Это проекционные и коллимационные системах визуализации.

В данных системах визуализации используют видеопроекторы. Наличие параллакса (изменение видимого положения объекта относительно удалённого фона в зависимости от положения наблюдателя, то есть не возможность визуально оценить удаление до объекта наблюдения) – недостаток свойственный именно проекционным системам визуализации [21]. Пилот должен иметь возможность оценить высоту на выравнивании перед касанием земли. Также в экипаже из двух пилотов каждый пилот должен видеть разметку полосы не сбоку, а прямо перед собой. Поэтому предпочтительнее применять систему коллимационную, основанная на отражении сферического просветного

экрана от сферического зеркала, но стоимость такой системы гораздо выше (так как система с отражающим зеркалом является технологически очень сложной в производстве) [22].

Также как систему визуализации можно отнести подключение нескольких мониторов (экранов), и использование очков виртуальной реальности. У данных вариантов визуализации есть свои достоинства и недостатки в визуализации и погружении в управление ВС. Система визуализации с применением экранов высокой разрешающей способности (разрешения 4К, 8К) могут существенно конкурировать с видеопроекторами.

### **1.2.5 Модуль имитатора динамики полета**

Одним из наиболее сложных и важных этапов создания АТ является разработка имитатора динамики полета. Данный модуль воспроизводит движение самолета в пространстве (решение замкнутой системы нелинейных дифференциальных уравнений). В данном модуле входные параметры являются управляющие воздействия экипажа, а выходные – это параметры полета.

Имитатор в составе тренажёра должен обеспечивать выполнение следующих задач: руление по взлётно–посадочной полосе (ВПП) и рулёмным дорожкам; взлёт и набор высоты; полёт по маршруту, снижение и заход на посадку; уход на второй круг с использованием средств комплекса стандартного пилотажно-навигационного оборудования; экстренное снижение; полёт по кругу, заход на посадку и посадку; пробег по ВПП с использованием всех средств торможения; полёт в условиях опасных внешних воздействий. При решении этих задач учитываются: температура воздуха и атмосферное давление; высота (уровень местности) аэродрома; горизонтальная составляющая скорости ветра; вертикальный и горизонтальный «сдвиг ветра»; горизонтальные и вертикальные порывы ветра; влияние обледенения на аэродинамические характеристики; влияние состояния ВПП; масса и центровка самолёта; режимы работы силовой установки (включая режим обратной тяги);

положение управляющих поверхностей, механизация крыла, шасси; аэроупругость [7].

Подобие «полёта» создается за счёт предоставления экипажу визуальной, акустической и акселерационной информации, а также воспроизведения показаний приборов пилотажно–навигационного комплекса и положения органов управления, в том числе и нагрузок на органы управления [23].

### **1.2.6 Модуля имитатора системы управления и приборов**

Данный модуль предназначается для управления полётом на тренажёре и привития экипажу навыков по использованию системы управления, выдачи информации во взаимодействующие системы.

Модуль обеспечивает:

1) расчетное определение положения рулевых поверхностей (органов управления) в зависимости от сигналов с датчиков положения рычагов управления, параметров полёта и параметров, формируемых имитатором вычислительной системы управления полётом;

2) определение требуемых характеристик устойчивости и управляемости полёта с учетом алгоритмов управления имитатора;

3) автоматическое ограничение предельных режимов полёта, а также предупреждение экипажа о выходе за пределы основных эксплуатационных режимов полёта;

4) воспроизведение нагрузок на рычагах управления;

5) имитацию характерных отказов [15].

### **1.2.7 Модуля имитатора силовой установки (двигателей)**

Модуль обеспечивает воспроизведение работы: маршевых двигателей (запуск и остановка на земле и в полете, неудачный запуск, прогрев и опробование двигателей и т.д.), вспомогательной силовой установки (работа на земле и в полете), системы контроля вспомогательной силовой установки,

системы автоматического регулирования, автомата пуска двигателя, электронного регулятора режимов работы вспомогательной силовой установки.

Также имитируется помпаж двигателя, повышение температуры газов, отказ системы регулирования двигателя, вибрации двигателя, предельная температура газов вспомогательной силовой установки, разъединение управления двигателями, перегрев опоры, падение давления масла.

Имитация осуществляется на основе математического моделирования характеристик силовой установки в базовом вычислителе тренажёра с использованием модульной структуры программного обеспечения [15].

### **1.3 Обзор существующих тренажеров и отдельных модулей**

#### **1.3.1 Система числового программного управления (ЧПУ) для управления авиасимулятором**

Комплекс моделирования полета представляет собой конструкцию, кинематическая схема которой позволяет выполнять поворот модели кабины летального аппарата, с размещенным внутри самолетным креслом (кабина авиасимулятора) и человеком, находящимся в нем, по трем осям вращения: крена (поворот вокруг оси  $Ox$ ), тангажа (поворот оси  $Oy$ ) и рысканья (поворот оси  $Oz$ ), а также вертикальное перемещение подвижной части конструкции по оси  $Oz$  [24].

На рисунке 1.3.1.1 приведена структурная схема комплекса.

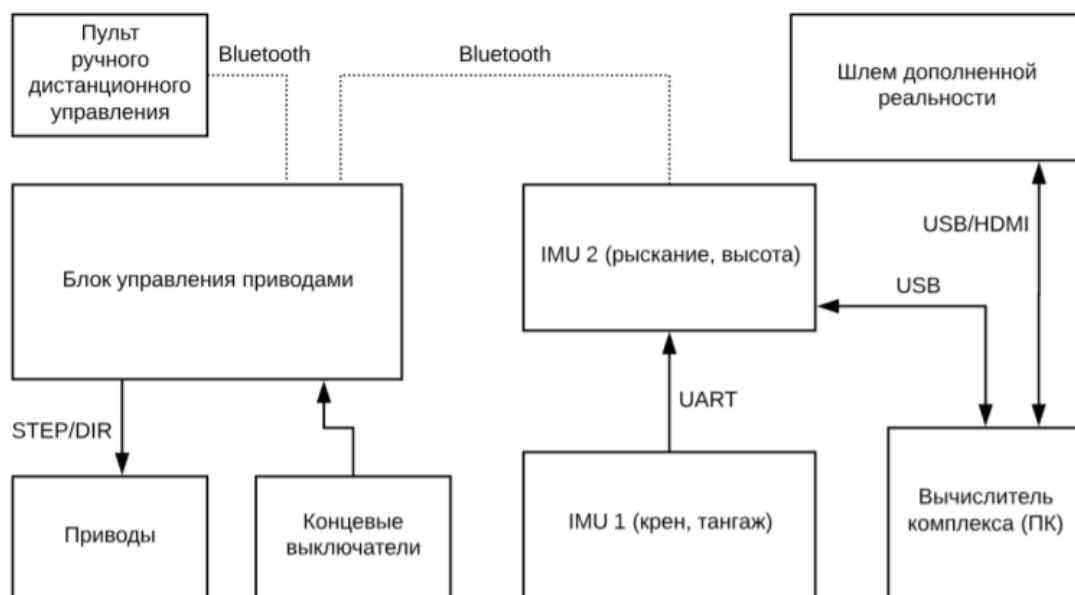


Рисунок 1.3.1.1 – Структурная схема электрооборудования комплекса [25]

Приведение в движение частей конструкции (рисунок 1.3.1.2), совершающих угловые перемещения, выполняются через серводвигатели 3, установленные по осям вращения. Вертикальное линейное перемещение кабины 4 выполняется через лебедку 1, что установлена на неподвижной части комплекса на верхних силовых балках. Лебедка оснащена тросом 2. Тяговый электродвигатель лебедки представляет из себя сервопривод. Вертикальное перемещение служит для введения вращающихся частей конструкции в рабочее положение. Под рабочим положением подразумевается такое положение, при котором установка способна выполнять вращение вокруг установленных осей без контакта кабины с поверхностью пола, где установлен комплекс.

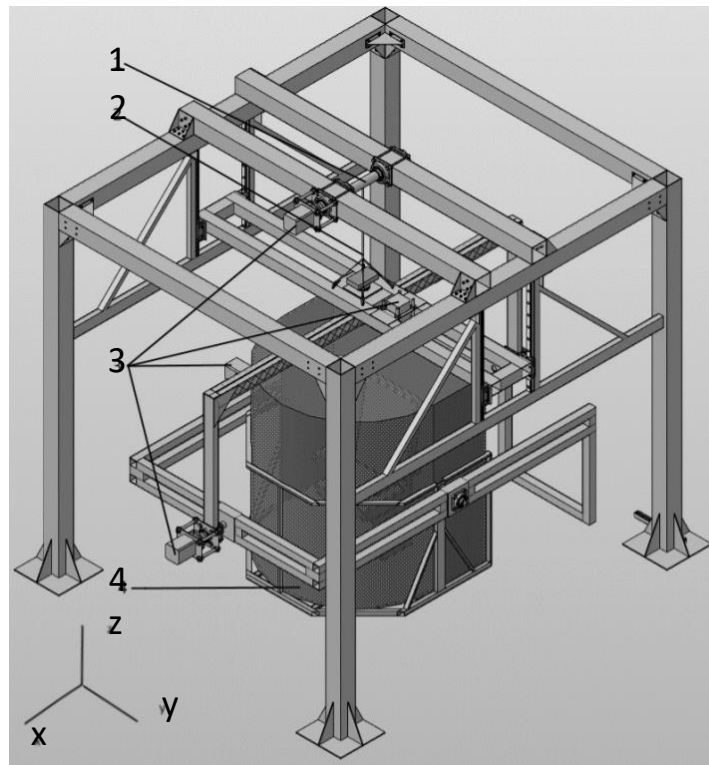


Рисунок 1.3.1.2 – 3D–модель комплекса [24]

Кабина симулятора подвешена на тросе, что создаёт эффект ощущения полета (эффект «левитирующей» кабины) [26].

Система визуализации представляет собой:

- 1) Шлем виртуальной реальности с установленными на нем камерами;
- 2) Персональный компьютер, установленный в кабине;
- 3) Источник бестеневого освещения.

Для наибольшего погружения в имитируемую обстановку в системе моделирования полетов применяется технология хромакей, которая дает возможность показать испытуемому его части тела на фоне имитируемого окружения.

Система звукового сопровождения процесса моделирования состоит из (рисунок 1.3.1.3):

- 1) активной стереосистемы;
- 2) пассивного сабвуфера;
- 3) виброизлучателя низких частот.



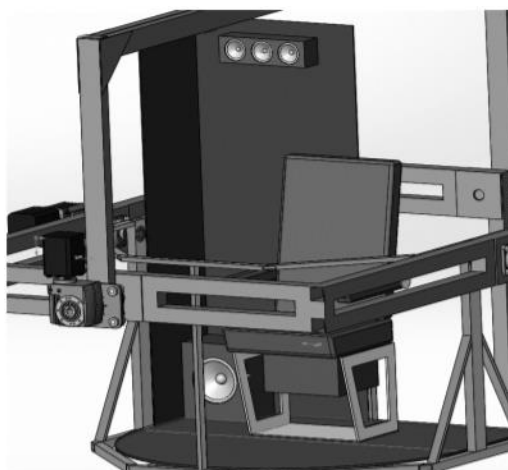


Рисунок 1.3.1.3 – Размещение звуковой аппаратуры [18]

Данное устройство имеет достоинство в надежности и простоте сборки конструкции, но в тоже время является недостатком в его большой массогабаритности. Также разработка имеет существенное преимущество в системе ЧПУ, так как существует большое количество программ с таким управлением. В тренажере разработаны все основные элементы и является законченным проектом.

### **1.3.2 Разработка тренажера кабины вертолета Ми-8Т**

Для разработки тренажера применяется авиационный симулятор X-Plane для имитации динамики полета и аппаратной среды Arduino для создания имитаторов системы управления, приборного и пилотажно-навигационного оборудования. Управление осуществляется через интерфейс HCSCI (Home Cockpit Simulator Control Interface, Управления домашним симулятором кабины пилота).

Тренажер имитирует приборные доски, пульты и органы управления вертолетом и предназначен для изучения вертолетных систем и отработки процедур управления вертолетом (рисунок 1.3.2.1). Учебный тренажер позволит проводить обучение инженерно-технического персонала по эксплуатации, контролю систем вертолета и запуску электродвигателей.

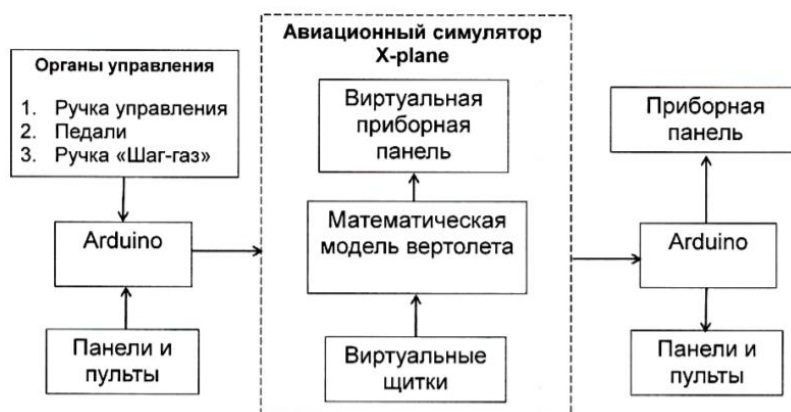


Рисунок 1.3.2.1 – Структура учебного тренажера кабины вертолета Ми–8Т [27]

Например, элементы, с помощью которых можно было управлять параметрами симулятора:

1) Галетный переключатель (rotary switch, рисунок 1.3.2.2)

Переключатель представляется как набор из двухпозиционных переключателей, либо элемент между ножками которого впаиваются резисторы и подключается переключатель к одному из аналоговых входов, которые являются каналами АЦП. В последнем варианте значительно экономится количество контактов.

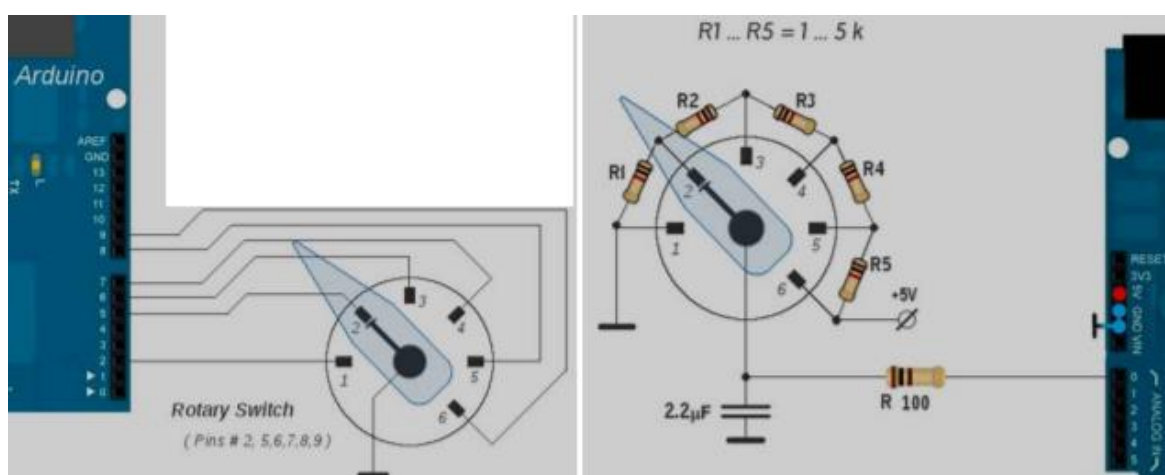


Рисунок 1.3.2.2 – Способы подключения галетного переключателя [27]

2) Кнопки и переключатели;

3) Датчик угла (энкодер) – устройство, которое предназначено, для преобразования угла поворота вала (измеряемого объекта) в электрические импульсы, по которым определяется: угол поворота, скорость вращения, направление вращения и текущее положение относительно начальной точки.

4) Потенциометр – применяется в качестве органа управления (руль, рычаг управления двигателем (РУД), педали);

5) Кнопка переключения режимов – специальный тип кнопки для переключения одного или нескольких энкодеров.

Элементы, через которые можно отображать информацию из симулятора: лампочка; индикационное табло; семисегментный индикатор; шаговый электродвигатель; миллиамперметр (к примеру, в качестве указателя топлива); серводвигатель. Большинство приборов, размещенных на приборных досках кабины – аналоговые, то есть имеющие подвижные стрелочные указатели. Основным компонентом в приборном имитаторе является сервопривод, который преобразует сигнал управления в угловое перемещение исполнительного механизма. В качестве сигналов управления исполнительными сервоприводами приборов используются соответствующие сигналы авиационного симулятора [5].

Интерфейс управления домашним симулятором кабины пилота (HCSCI) использует встроенный сетевой протокол обмена данными UDP, встроенный в компьютерную игру X-Plane (авиасимулятор, разработанный компанией Laminar Research) [18].

Использование системы HCSCI может значительно упростить процесс создания домашнего авиасимулятора. Данный плагин HCSCI:

1) Обеспечивает протокол связи с прошивкой HCSCI на основной плате (Mega2560) и программным обеспечением HCSCI Panel;

2) Получает входные управляющие данные от главной платы, используя их для запуска функций HCSCI для имитации конкретной логики устройства или вызова различных функций X-плоскости;

3) Обрабатывает данные симулятора и отправляет результаты на устройства вывода через прошивку HCSCI в определенном формате с учетом типа вывода, predetermined типа устройства и набора условий;

4) В качестве центрального блока управления в системе используется плата (контроллер Mega2560);

5) Количество входов/выходов может быть увеличено до нескольких сотен с помощью простых плат расширения ввода и драйверов вывода [27].

Достоинством данной разработки является ее способность реализовать своими руками, используя заработанный интерфейс HCSCI. У разработки присутствует большая элементная база для реализации системы управления и отображения полета тренажера. Также устройство уже способно работать с авиационным симулятором X-Plane. Данное устройство не закончено и находится в постоянном обновлении и добавлении новых элементов.

### **1.3.3 Кабина летного тренажера общего назначения (модель MTGS332V55)**

Данная разработка представляет собой компактное тренажерное устройство для моделирования полета для летных школ (рисунок 1.3.3.1).

Устройство состоит из: визуальной системы в виде больших экранов; кабина (кресла и элементы управления) с приборной панелью модели G1000; аналоговые приборы.



Рисунок 1.3.3.1 – Кабина летного тренажера общего назначения [28]

Данная разработка является готовым продуктом, и применяется в коммерческих целях. Устройство способно работать в авиационном симуляторе X-Plane. Достоинством данного устройства является его официальная продажа, т.е. разработка прошла все этапы выпуска устройства и даже выход на конкурентный рынок. Также достоинством данного устройства является его модульность (все элементы кабины можно заменить на другие элементы). Недостатками устройства является высокая цена, но цена оправдана высоким качественным оборудованием.

#### **1.3.4 Разработка панели летного тренажера Cessna 172**

В рассматриваемом тренажере разработана (рисунок 1.3.4.1): приборная панель (Instrument Panel); отдел авионики; панель выключателей; дроссельная и смесительная панель (Throttle and Mixture Panel); панель управления заслонкой (Flap Control Panel); моторизованное уравнивающее колесо (Motorized Trim Wheel).

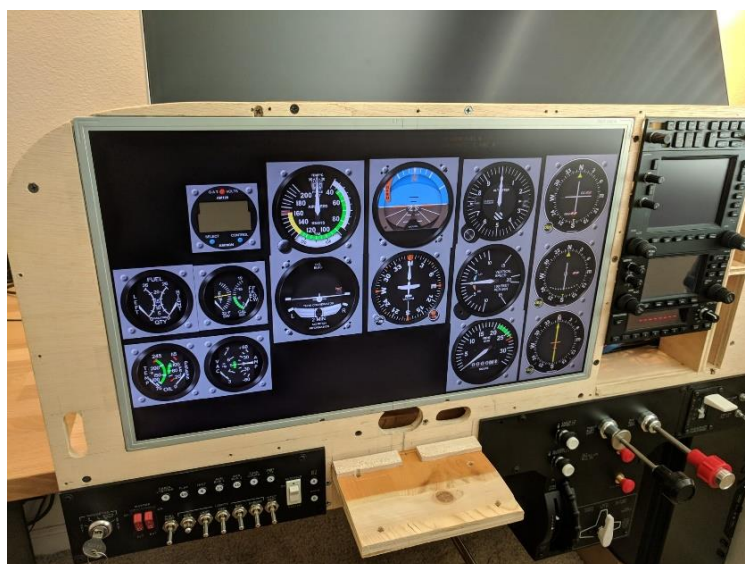


Рисунок 1.3.4.1 – Приборная панель в виде монитора [29]

Инструменты визуализируются с помощью Air Manager (это приложение, которое позволяет создавать собственные панели 2D-симулятора полета). Приложения Air Manager и Air Player поддерживают Arduino и Raspberry Pi. Что позволяет легко подключать все виды аппаратных частей, таких как переключатели, кнопки, поворотные энкодеры, светодиоды, потенциометры [29].

Для взаимодействия с X-Plane используется отличный интерфейс ArdSimX или SimVimCockpit (ArdSimX 2.0).

Данную разработку можно реализовать в домашних условиях и имеет основные элементы тренажера. Существенным достоинством устройства является его способность работать с авиационным симулятором Xplane через программы типа ArdSimX или SimVimCockpit. Данное устройство не закончено и находится в постоянной разработке и добавлении новых элементов [30].

### **1.3.5 Приборная панель G1000 с элементами управления**

Данное разработка является гибридом приборной панели G1000 самолета C172S и Baron58 (рисунок 1.3.5.1).

Основными преимуществами данной панели является ее: сверхпрочная металлическая конструкция; универсальность; сменяемая дроссельная

заслонка; применение как для обучения, так и для развлечения; присутствуют элементы GPS, карты, радио; совместимость с программами Microsoft Flight Simulator X, Prepar3D и X-Plane.



Рисунок 1.3.5.1 – Приборная панель G1000 с элементами управления [31]

Главной достоинством данной системы ее оптимизации для управления одномоторными и двухмоторными самолетами. Данное устройство закончено и производится отдельно или для полноценной реализации тренажера определённого типа самолета.

### **1.3.6 Панель авиасимулятора Boeing737 или AirbusA320**

Данный проект включает в себя масштабированную панель Boeing 737 или Airbus A320 со всеми навигационными и полетными приборами (рисунки 1.3.6.1, 1.3.6.2): аналоговыми датчиками (например, механическим компасом); цифровыми дисплеями; полный радиостек (включая аудиопанель); навигационным оборудованием NavCom 1&2; авиационным дальномером DME 1&2; автоматическим пеленгатором ADF 1&2; транспондером; модули панели автопилота MCP; ярмо и педали руля направления с дифференциальными тормозами; элементом управления дроссельной заслонкой; панель переключателей (пусковые выключатели, световые, электрические и



гидравлические переключатели, селекторы топлива и т.д.). Дополнительно внутри может быть установлен ПК для запуска аппаратного и программного обеспечения симулятора.

Разработка поддерживает такие программы как Microsoft Flight Simulator X, Microsoft Flight Simulator 2020 и X-Plane.



Рисунок 1.3.6.1 – Первый дизайн приборной панели [32]



Рисунок 1.3.6.2 – Выбранный дизайн приборной панели [32]



Данная разработка является готовым продуктом, и применяется в коммерческих целях. Достоинством данного устройства является его началом успешных продаж. Также достоинством данного устройства является его модульность (все элементы панели можно купить отдельно). Дополнительно производитель дает гарантию на целый год, что означает производитель уверен в высоком качестве своего продукта и оборудования, и его работы в течение многих лет. Данное устройство не закончено и находится в постоянной разработке и добавлении новых элементов.

### **1.3.7 Профессиональная контрольная колонна с педалями**

В данном проекте реализовано Ярмо (колесо управления или контрольная колонка, рисунок 1.3.7.1) для авиасимуляторов типа Boeing 737.

Основными преимуществами является ее: система управления с обратной связью по силе и вибрации; совместимость с программами Microsoft Flight Simulator X, Prepar3D (версии v3, v4, v5), X-Plane (версии 9, 10 и 11); прочная конструкция (алюминиевое основание, ось хомута из нержавеющей стали, с полными металлическими шестернями); сверхмощные переключатели ОТТО; активное управление осуществляется через бесщеточные двигатели установленные по двум осям: крен, тангаж; реализованы различные эффекты в управлении и вибрации (например, вибрация от взлетно-посадочной полосы); питание AC 110 – 240 В [33].



Рисунок 1.3.7.1 – Профессиональная контрольная колонна с педалями [33]

Данную разработку спроектирована таким образом, чтобы обеспечить реалистичное моделирование полета. Устройство имеет высокую чувствительность в управлении, прост в программном обеспечении и настройке.

### **1.3.8 Разработка контрольной колонки с тактильной обратной связью (Проект VR FlightSim)**

В данном проекте реализовано Ярмо (Yoke, колесо управления или контрольная колонка, рисунок 1.3.8.1) с обратной связью по силе (Force feedback, то есть тактильная обратная связь игрового руля, джойстика или любого другого игрового контроллера).

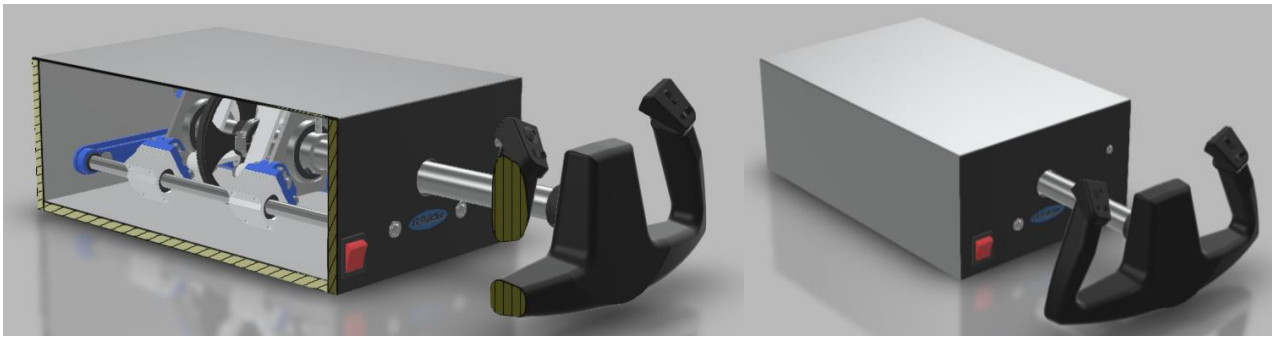


Рисунок 1.3.8.1 – Контрольная колонка с тактильной обратной связью [34]

Похожим образом можно и реализовать элементы педалей или руля с обратной связью (rudder pedals) [35].

Данную разработку можно использовать в качестве дополнения к другим устройствам (тренажерам). Устройство имеет высокую чувствительность в управлении, прост в программном обеспечении и настройке. Такое устройство способно конкурировать с профессиональными или игровыми джойстиками, а также другими системами управления.

#### **1.4 Патентный поиск**

Поиск осуществлялся по таким ключевым словам, словосочетаниям: Авиационный тренажер; Авиатренажер; Авиасимулятор; Тренажер–авиасимулятор; Макет тренажера; Макет авиационный; Макет авиатренажера; Аттракцион–тренажер; Авиационный аттракцион. Поиск производился за последние 15 лет.

Источники открытой патентной информации, использованные для поиска близких технических решений:

- 1) Академия Google [36];
- 2) Поисковая система ФИПС [37];
- 3) Система PATENTSCOPE – поиск патентных документов [38];
- 4) Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [39];
- 5) Российская государственная библиотека [40].

В итоге найдены следующие близкие технические решения.

### **1.4.1 Авиационный симулятор (авиасимулятор) самолета Boeing 737**

Номер публикации: 2688500; Статус: может прекратить свое действие.

Формула изобретения (рисунок 1.4.1.1 и 1.4.1.2): Симулятор пилотирования самолета, включающий корпус, динамическую платформу и трап, при этом корпус жестко закреплен на верхней раме динамической платформы и представляет собой сборную металлическую раму с закрепленными на ней стеклопластиковыми панелями, создающими внешнюю оболочку корпуса симулятора, причем в корпусе расположены система визуализации для передачи визуальной обстановки, включающая сферический проекционный экран и три видеопроектора, акустическая система для создания акустического фона, содержащая многоканальный интегральный усилитель мощности и громкоговорители, макет кабины самолета, системы вентиляции и кондиционирования, пассажирская зона с установленными в ней пассажирскими креслами, техническая зона для доступа к различным системам симулятора, а динамическая платформа включает верхнюю и нижние рамы с установленными на них подшипниковыми узлами и шестью электромеханическими приводами, каждый из которых управляется своим контроллером, принимающим управляющий сигнал по интерфейсу CAN, а также обеспечивающий связанный с ним привод электропитанием, при этом в макете кабины установлены центральный пульт управления, пьедестал, штурвальный узел, педальный узел, кресла пилотов, блок рычагов управления двигателями.

Авиасимулятор имитирует визуальную, акустическую и акселерационную обстановку в кабине управления воздушным судном путем получения соответствующих сигналов от компьютерных программ-модуляторов изображения, звука, перемещений воздушного судна, и воспроизведения данных сигналов на соответствующем оборудовании – акустической системе (звук), видеопроекторах с проекционным экраном

(визуальная информация) и динамической платформе (акселерационные эффекты).

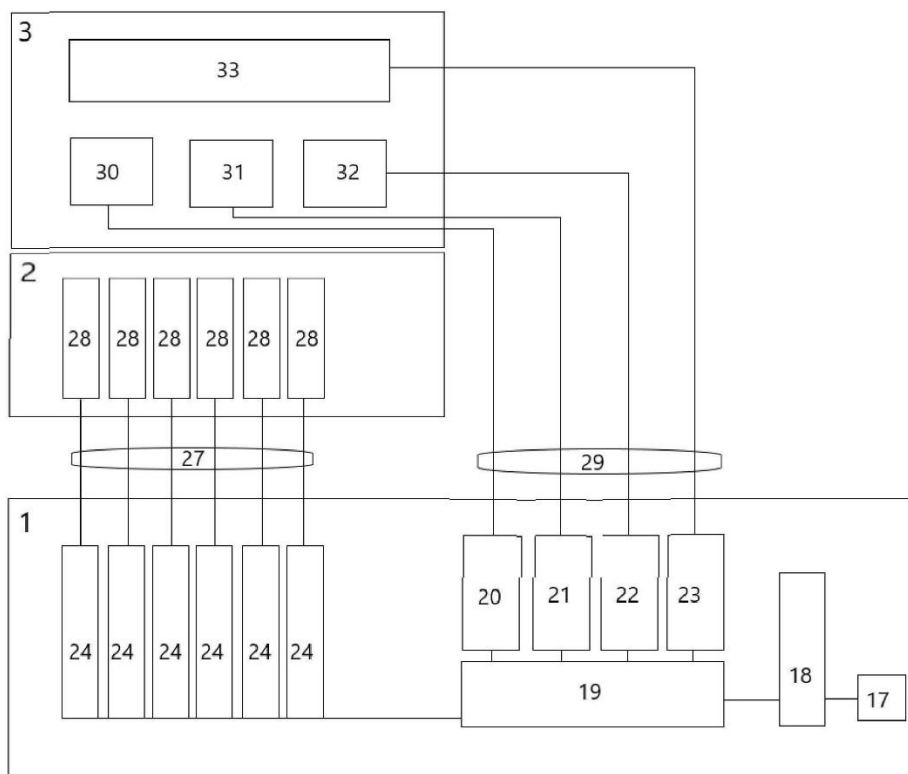


Рисунок 1.4.1.1 – Принципиальная схема взаимодействия систем авиасимулятора [41]

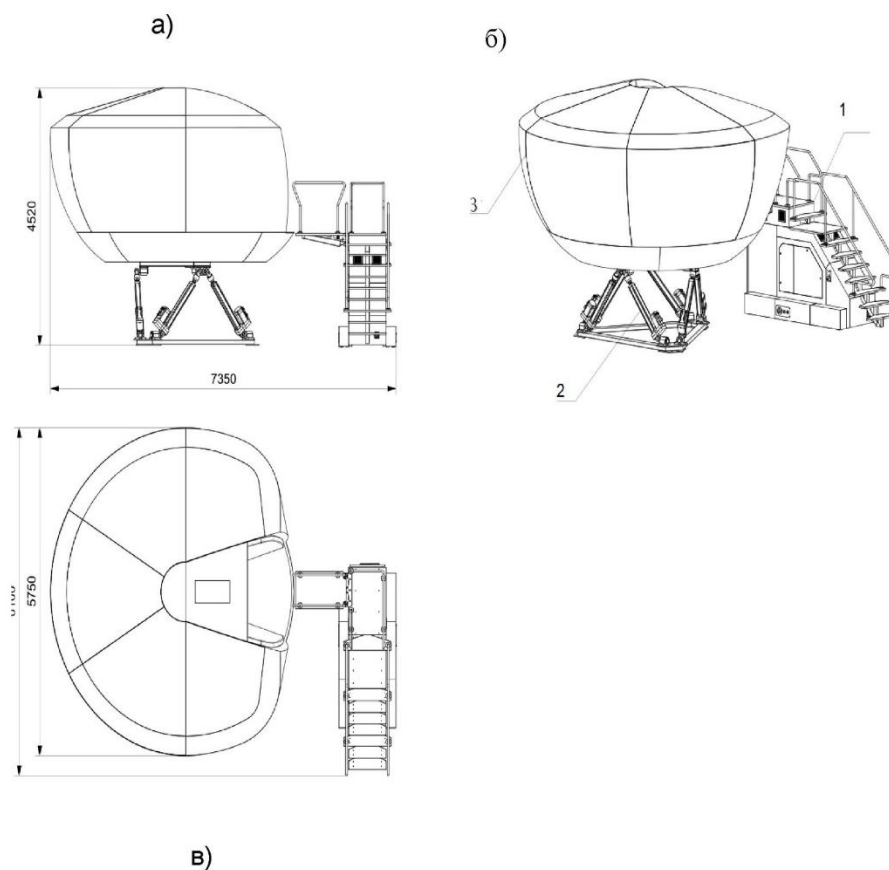


Рисунок 1.4.1.2 – Общий вид симулятора (а) вид сбоку; б) вид в изометрии; в) вид сверху;) [41]

#### 1.4.2 Тренажер для обучения летчиков пилотированию ударного вертолета и применению авиационных средств поражения

Номер публикации: 2367026; Статус: действует.

Формула изобретения (рисунок 1.4.2.1): Кресло пилотажного тренажера с имитатором вибрации и ударов и шума, содержащее основание сиденья, стойки которого установлены на демпфирующих опорах, механизмы возбуждения вибрации и ударов и акустическую систему, отличающееся тем, что кресло используется штатное, а механизм возбуждения вибрации и ударов и акустическую систему, отличающееся тем, что кресло используется штатное, а механизм возбуждения вибрации и ударов представляет собой коммерческий музыкальный сабвуфер, установленный в ящике, выходное отверстие которого закрыто резиновой мембраной, к которой

прикреплен один конец тяги, при этом второй конец тяги закреплен на штатном кресле пилота.

Включает генератор символов, акустическую систему, блок синхронизации и коммутации, кресло пилота с вибрационной подушкой, телекамеру наблюдения, средства имитации радиосвязи, телевизионный индикатор прицельной обстановки, индикатор навигационно-тактической обстановки, размещенный во внутренний объем кабины вертолета; адаптер интерфейсов, формирователь акустической обстановки, формирователь вибрационных воздействий, формирователь навигационно-тактической обстановки, механизм загрузки, механически связанный с элементами управления вертолетом; формирователь прицельной обстановки.

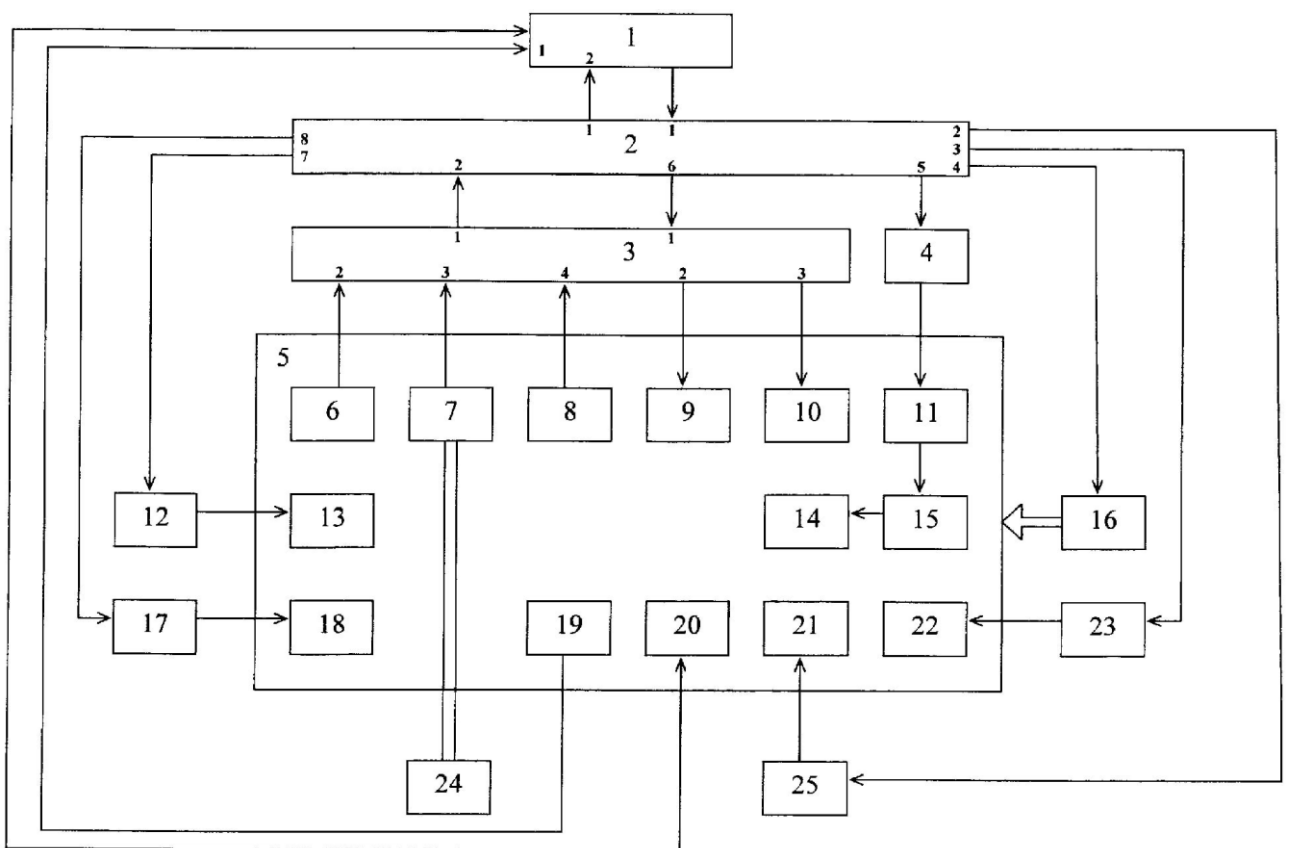


Рисунок 1.4.2.1 – Принципиальная схема [42]

### **1.4.3 Тренажерный комплекс для подготовки экипажей кораблей**

Номер публикации: 2346337; Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен.

Формула изобретения (рисунок 1.4.3.1): Тренажерный комплекс для подготовки экипажей кораблей, включающий набор рабочих мест обучаемых по количеству обучаемых, рабочее место инструктора, интерфейс командного типа, интерфейс с пользователем, программную среду, отличающийся тем, что рабочее место обучаемого содержит системный блок, периферийные устройства в составе пульта управления с устройством ввода данных, первым и вторым мониторами, притом пульт управления с устройством ввода данных подключен к системному блоку через последовательный порт, а первый и второй экраны - через интерфейс пользователя, а также блок коммутации электропитания, подключенный к пульта управления с устройством ввода данных, первому и второму мониторам и через сетевой порт к системному блоку, рабочее место инструктора включает системный блок, периферийные устройства в составе клавиатуры с манипулятором «Мышь», принтера и монитора, подключенных к системному блоку соответственно, через последовательный порт, параллельный порт и видеоадаптер, а также концентратор линий связи, который посредством интерфейса командного типа соединенный с системными блоками рабочего места инструктора и каждого рабочего места обучаемого, выполненными по стандарту Ethernet, при этом рабочее место инструктора и каждое рабочее место оператора подключены параллельно к источнику бесперебойного питания, соединенному с внешним источником электропитания.



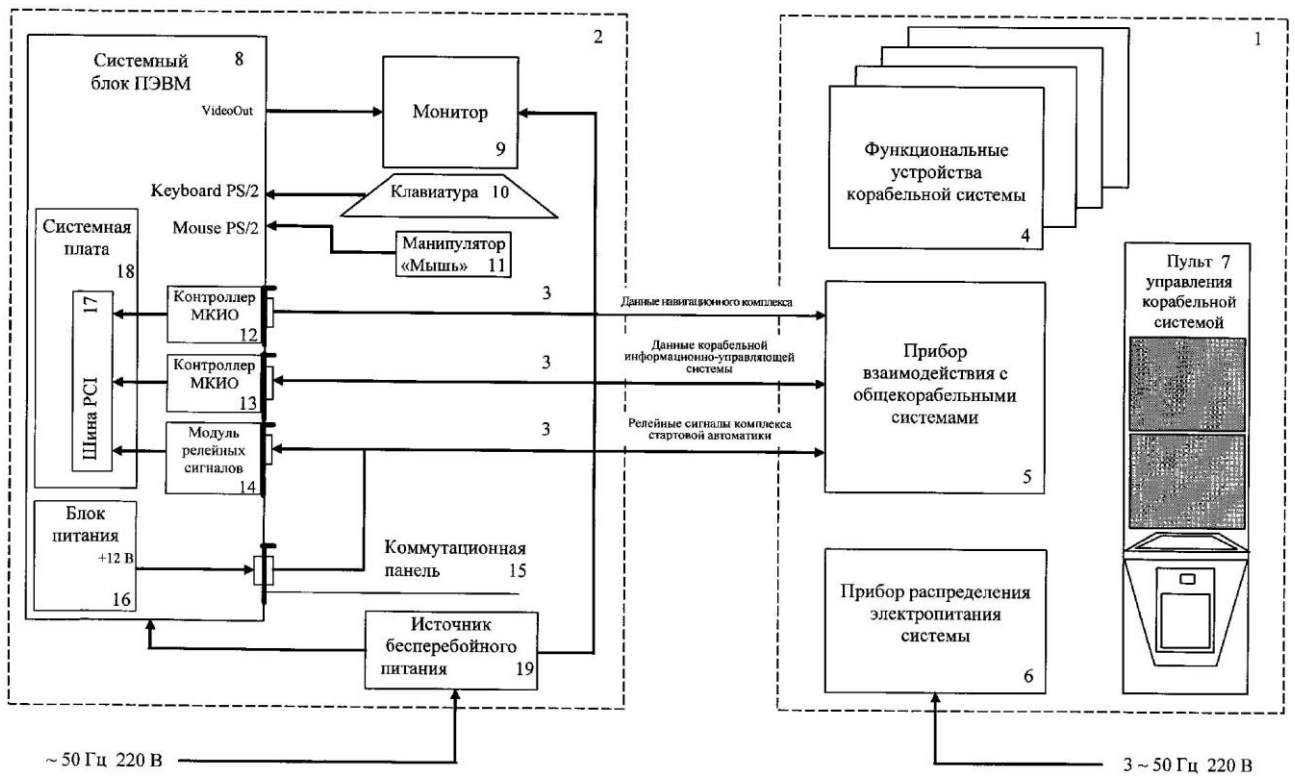


Рисунок 1.4.3.1 – Принципиальная схема [43]

#### 1.4.4 Симулятор полета космического корабля

Номер публикации: 2653448; Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен.

Формула изобретения (рисунок 1.4.4.1): Симулятор полета космического корабля, характеризующийся тем, что содержит опорную конструкцию, направляющие, соединенные с опорной конструкцией, раму тангажа в форме полукруга, выполненную с возможностью перемещения по направляющим, кресло пользователя, соединенное с рамой тангажа, вертикальную опору, расположенную перед креслом пользователя, соединенную с рамой тангажа и имеющую стол с направляющими поступательного движения, в которых расположены ручки управления, пульт управления с боковыми мониторами, расположенный в верхней части вертикальной опоры, механизм перемещения рамы тангажа по направляющим, механизм вертикального перемещения пульта управления с боковыми мониторами вдоль вертикальной опоры, программно-

аппаратный комплекс для визуализации полета и управления им, акустическую систему, вибромеханизм имитации акселерационных ощущений.

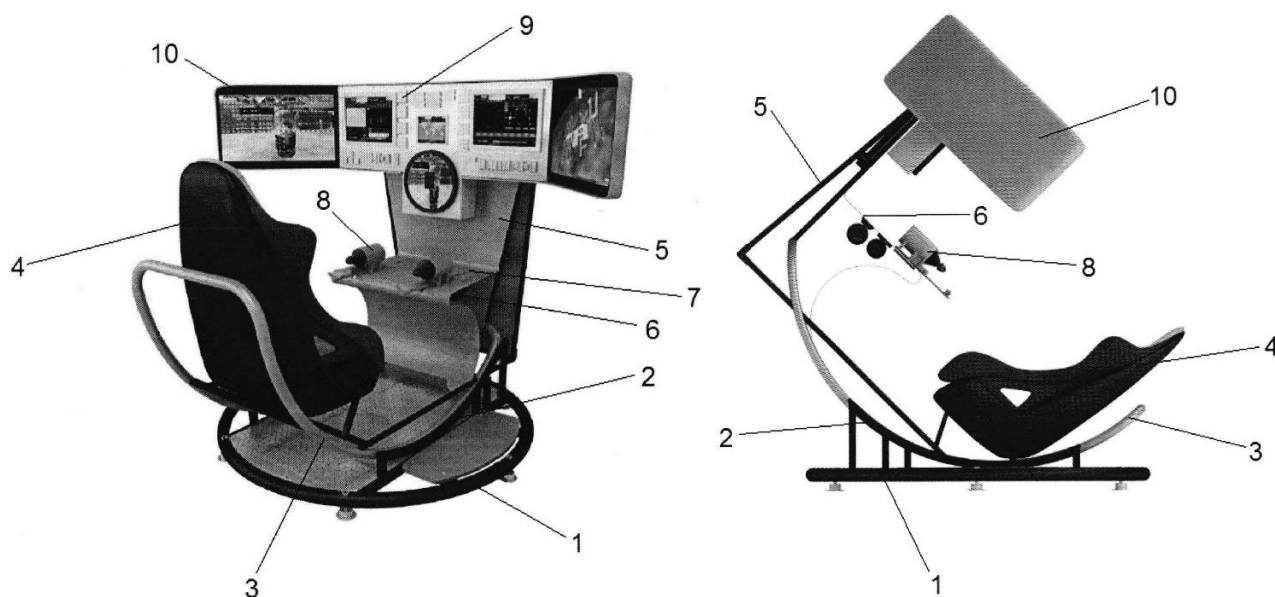


Рисунок 1.4.4.1 – Общий вид конструкции симулятора для полета космического корабля [44]

### 1.4.5 Способ дистанционного пилотирования

Номер публикации: 2012146880; Статус: Заявка признана отозванной в связи с непредставлением в установленный срок дополнительных материалов или запрашиваемых документов.

Формула изобретения: Метод дистанционного пилотирования, в котором устанавливают беспроводную связь с дистанционно пилотируемым (подвижным) средством, системой или моделью, передают на авиационный тренажер, отображают на дисплеях шлема или в очках виртуальной реальности человека, человек воспринимает, судит о состоянии, местонахождении, посредством органов управления реализует функциональное поведение подвижного средства, системы или модели, различающейся тем, что обрабатывают данные телеметрии параметров движения (полета), за счет которых осуществляют наклонные либо вращательные и/или поступательные

движения рабочего места с человеком хотя бы в двух измерениях (крен, тангаж), во времени приближенном к реальному.

#### **1.4.6 Система подвижности кабины пилотажного тренажера летательного аппарата**

Номер публикации: 2247432; Статус: не действует.

Изобретение относится к авиационной технике и применяется для обучения и тренировки летного состава (рисунок 1.4.6.1). Конструкция включает вилкообразное основание с установленным в нем поддерживающим корпусом, зафиксированную на поддерживающем корпусе платформы с установленной на ней кабиной, электродвигатели с приводами угловых перемещений кабины. Поддерживающий корпус выполнен в виде вилкообразной рамы с возможностью вращения по углам тангажа. Платформа выполнена с возможностью вращения по углам крена. При этом приводы вращения выполнены в виде тросовой проводки, связывающей приводные по тангажу и крену электродвигатели с рамой и платформой. Изобретение обеспечивает быстроедействие и упрощение конструкции и эксплуатации системы через снижение веса и габаритов системы и тренажера в целом.

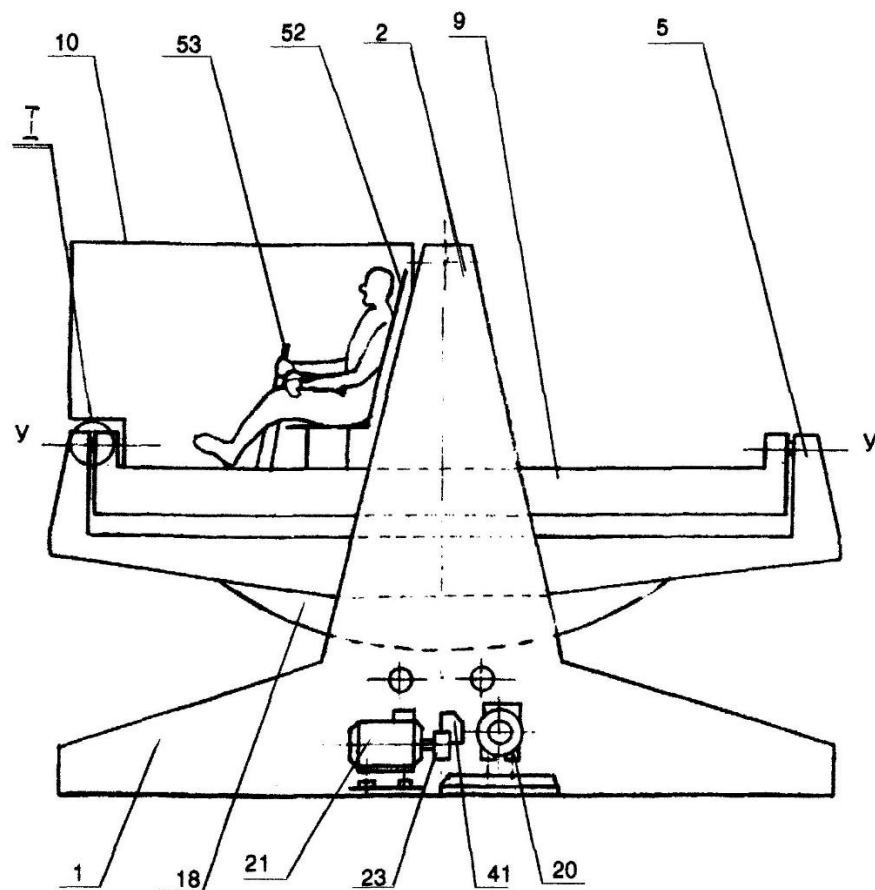


Рисунок 1.4.6.1 – Общий вид конструкции [45]

### 1.4.7 Аттракцион–тренажер

Номер публикации: 54522; Статус: не действует.

Формула изобретения (рисунок 1.4.7.1): Аттракцион–тренажер, содержащий установленное на неподвижной платформе вертикальное основание, на котором смонтирован с возможностью выполнять движение по крену и тангажу макет летательного аппарата, снабженный органами управления и движителем, различающийся тем, что движитель макета летательного аппарата установлен в центре тяжести макета, жестко связан с многоугольной металлической рамой – каркасом макета летательного аппарата, а выходной вал движителя жестко связан с промежуточной рамой, установленной с возможностью вращения относительно платформы вокруг горизонтальной оси и соединенной с одной стороны шарнирно с вертикальным основанием, а с другой стороны – жестко связанной с выходным валом второго движителя, жестко закрепленного на вертикальном основании.

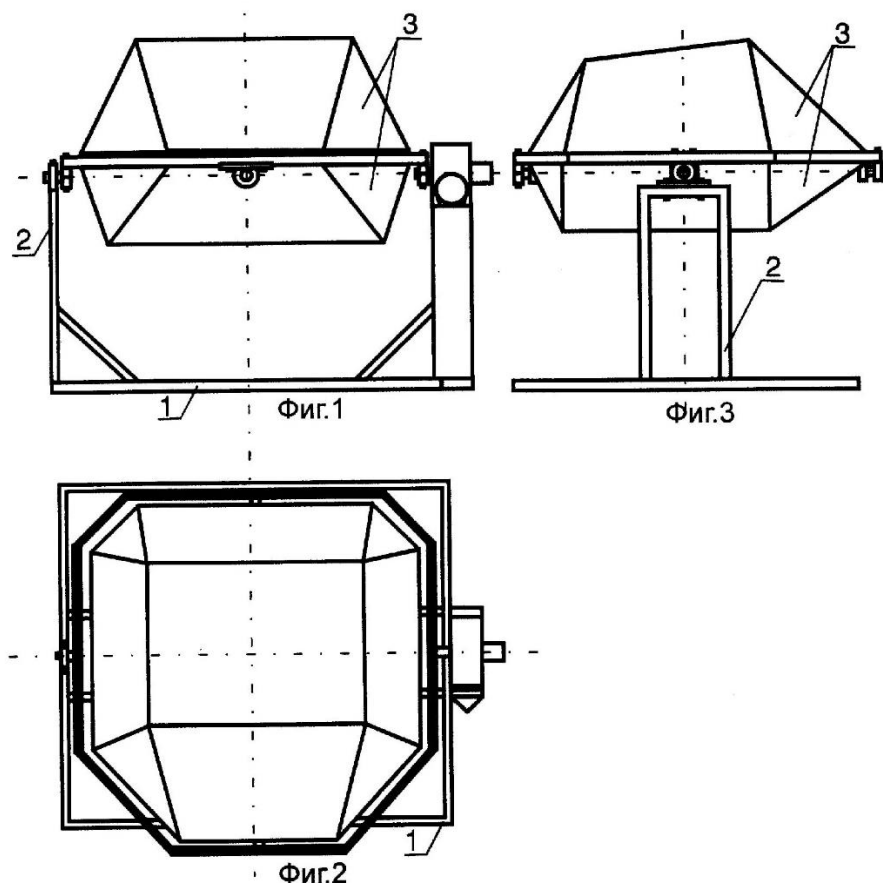


Рисунок 1.4.7.1 – Общий вид конструкции [46]

#### 1.4.8 Аттракцион симуляции движений

Номер публикации: 114616; Статус: не действует.

Формула изобретения (рисунок 1.4.8.1): Аттракцион симуляций движения, состоящий из платформы, вращающейся вокруг вертикальной оси, трех опор подвесной системы с выдвигающимися стержнями, подвесной системы (кабины) с креслом пассажира, блоком педалей, системы управления симулятором, 3D экрана, звуковой системы, центрального компьютера, различающийся тем, что вращающаяся платформа установлена на разборное основание и выполнена с возможностью вращения на основании при помощи вспомогательных колес, центральный компьютер и блок управления моторами установлены внутри вращающейся платформы, трубы подвижных стержней установлены на подшипниках скольжения, при этом приводами стержней являются мотор-редукторы, оборудованные устройством позиционирования,

подвесная система состоит из жесткого сварного каркаса, выполненного из прямоугольного профиля. В пределах досягаемости пассажира располагаться кнопка аварийной остановки, функцией которой является экстренная остановка движения кабины.

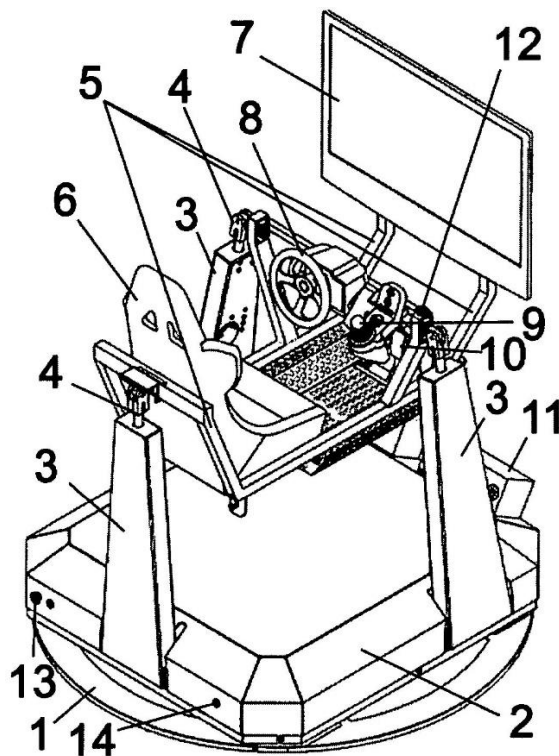


Рисунок 1.4.8.1 – Общий вид конструкции [47]

#### 1.4.9 Результаты патентного поиска

В итоге можно сделать выводы о том, что подходящие прототипы для данного проекта под пунктами 1.4.4 (но в данной разработке используется движение только по тангажу), 1.4.5, 1.4.6, 1.4.7 (схожесть по конструкционным элементам и методом движения). Наиболее подходящий прототип под пунктом 1.4.8, как конструкционно, так и системой управления и визуализации, звуковой системы.

Патент под пунктом 1.4.1 не подходит в качестве прототипа по причине не имеет электрическую систему подвижности, а гидравлическую. Также отличается конструктивными элементами (оболочка корпуса, трап, макет кабины). Из данного патента подходит система визуализации и акустическая система.

Патент под пунктом 1.4.2 не подходит в качестве прототипа по причине того, что применяется в военной сфере (ударный вертолет, тренажер средств поражения). Из данного патента можно формировать вибраторные воздействия (кресло летчика с вибраторной подушкой).

Патент под пунктом 1.4.3 не подходит в качестве прототипа по причине того, что применяется в качестве полноценного тренажерного комплекса для подготовки экипажей (место инструктора и место обучаемого), то есть применяется два рабочих места. Также в данном патенте не применяется подвижная конструкция (только периферийные устройства в составе клавиатуры с манипулятором «Мышь», монитор).

Описание проекта можно описать в такую формулу изобретения:

Авиационный тренажер, содержащий рабочее место обучаемого в составе блоков имитации средств отображения информации, имитации органов управления, системы объективного контроля и ручки управления самолетом, а также блок визуализации. Также включающий корпус, динамическую платформу и трап, при этом корпус жестко закреплен на верхней раме динамической платформы и представляет собой сборную металлическую раму, причем в корпусе расположены система визуализации (видеопроектора или очки виртуальной реальности), акустическая система для создания акустического фона, содержащая многоканальный интегральный усилитель мощности и громкоговорители, системы вентиляции и кондиционирования, а динамическая платформа включает верхнюю и нижние рамы с установленными на них подшипниковыми узлами и двумя электромеханическими приводами, каждый из которых управляется контроллером, принимающим управляющий сигнал по определенному интерфейсу, а также обеспечивающий связанный с ним привод электропитания.

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

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

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Темой выпускной квалификационной работы является разработка макета Авиатренажёра. Данное устройство представляет из себя динамическую 2–осевую платформу для полного погружения с вращением на 360 градусов по каждой оси.

Данная платформа может быть поставлена как отдельно, так и в составе учебного тренажера пилотирования летательных аппаратов или других машин. Предназначен для установки в помещении и не нуждается в специализированных условиях.

Тренажер можно использовать для подготовки пилотов-любителей (летные школы или автошколы), установить в торговых центрах в качестве развлекательного аттракциона, так же дома для личного пользования.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Как видно из таблицы 5.1.1.1 низкий уровень конкуренции при личном пользовании (индивидуальном использовании). Наиболее высокая конкуренция при использовании тренажера в качестве обучения и подготовки пилотов (летные школы), так как применяются различные виды авиатренажеров, уступающий выбранному варианту реализации тренажера.



Таблица 5.1.1.1 – Сегментация рынка при использовании авиатренажёра

		Область применения			
		Летные школы	Автошколы	Развлекательный аттракцион	Личное пользование
Размер компании	Крупные	++++	++++	++++	
	Мелкие	****		****	****

++++ – АО «Вымпел»; \*\*\*\* – выпускная квалификационная работа.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями.

Выбранные конкурентные разработки единственные, представленные на мировом рынке, и могут составить конкуренцию проектируемому авиатренажу (таблица 5.1.2.1). В качестве конкурентов взяты как отечественная разработка, так и зарубежная высококонкурентная зарубежная разработка для объективной оценки разрабатываемой модели тренажера.

Таблица 5.1.2.1 – Список конкурентных товаров

№	Фирма производитель	Страна
1	FUNIN VR	Китай
2	АО «Вымпел»	Россия
3	Guangzhou Movie Power Amusement Technology Co.	Китай

Компания FUNIN VR, на сегодняшний день, является одной из ведущих компаний на мировом рынке по разработке и производству систем и аттракционов виртуальной реальности. В настоящее время компания имеет семь основных направлений развлекательных категорий, ею разработано более

30 уникальных продукта, охватывающих все типы современных игр VR, для всех возрастных категорий (5 – 65). оказываем полный спектр услуг на территории России по продаже, доставке, монтажу и обслуживанию систем виртуальной реальности FUNIN VR [83].

АО «Вымпел» на протяжении нескольких лет занимает лидирующие позиции в области производства и продажи современных аттракционов, имеющая такие продукты как 5D кинотеатры, аттракционы автосимуляторы и авиасимуляторы. Один из аттракционов Fly-motion. Полноценный авиасимулятор с вращающейся кабиной. Полная имитация полета: ощущение взлета и посадки, выполнение пилотажных фигур, возможность вести воздушный бой. Кроме того, этот аттракцион авиасимулятор возможно использовать и для настоящих тренировок по управлению летательными аппаратами [84].

Компания Movie Power Technology, Limited уделяет большое внимание развитию интегрированной индустрии VR, а также проектированию и продвижению проектов. Это высокотехнологичное предприятие, специализирующееся на исследованиях и разработках VR-оборудования и 4D-кинотеатра. Компания обязуется в течение десяти лет настраивать VR-оборудование для развлечений, динамическое театральное оборудование, а также приложения для настройки VR-оборудования в сфере недвижимости, образования, медицины и других областях. Продукция экспортируется в более чем 100 стран мира [85].

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (таблица 5.1.2.2):

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1.2.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 5.1.2.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>	К <sub>к3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Технические критерии оценки</b>									
Помехоустойчивость	5/0.066	9	8	9	8	0.594	0.528	0.594	0.528
Энергоэкономичность	5/0.066	9	9	9	9	0.594	0.594	0.594	0.594
Надежность	5/0.066	9	7	9	7	0.594	0.462	0.594	0.462
Уровень шума	5/0.066	8	8	8	8	0.528	0.528	0.528	0.528
Безопасность	5/0.066	9	7	8	7	0.594	0.462	0.528	0.462
Потребность в ресурсах памяти	4/0.053	9	8	8	8	0.477	0.424	0.424	0.424
Предоставляемые возможности	3/0.04	8	8	9	8	0.32	0.32	0.36	0.32
Простота эксплуатации	4/0.053	9	8	7	8	0.477	0.424	0.371	0.424
Качество интеллектуального интерфейса	5/0.066	8	7	8	7	0.528	0.462	0.528	0.462
Возможность подключения в сеть ЭВМ	5/0.066	9	9	9	9	0.594	0.594	0.594	0.594

Продолжение таблицы 5.1.2.2

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>	К <sub>к3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Экономические критерии оценки</b>									
Конкурентоспособность продукта	4/0.053	9	8	9	9	0.477	0.424	0.477	0.477
Уровень проникновения на рынок	3/0.04	9	9	9	9	0.36	0.36	0.36	0.36
Цена	5/0.066	9	8	7	9	0.594	0.528	0.462	0.594
Предполагаемый срок эксплуатации	4/0.053	9	8	9	8	0.477	0.424	0.477	0.424
Послепродажное обслуживание	3/0.04	8	7	9	7	0.32	0.28	0.36	0.28
Финансирование научной разработки	3/0.04	8	9	8	9	0.32	0.36	0.32	0.36
Срок выхода на рынок	3/0.04	8	9	8	9	0.32	0.36	0.32	0.36
Наличие сертификации разработки	5/0.066	8	9	9	9	0.528	0.594	0.594	0.594
<b>Итого</b>	<b>76/1</b>	<b>155</b>	<b>146</b>	<b>152</b>	<b>148</b>	<b>8.696</b>	<b>7.768</b>	<b>8.485</b>	<b>8.247</b>

Б<sub>ф</sub> – продукт проведенной работы; Б<sub>к1</sub> – FUNIN VR (Китай); Б<sub>к2</sub> – АО «Вымпел» (Россия); Б<sub>к3</sub> – Guangzhou Movie Power Amusement Technology Co. (Китай).

Собственные преимущества заключаются в универсальности тренажера, недорогой стоимости реализации, мобильности тренажера. Преимущества конкурентов заключаются в более глубоком проникновении на рынок и лучшем финансировании.

Итогом данного анализа, действительно способным заинтересовать партнеров и инвесторов, может стать выработка конкурентных преимуществ, которые помогут создаваемому продукту завоевать доверие покупателей посредством предложения товаров, заметно отличающихся либо высоким уровнем качества при стандартном наборе определяющих его параметров, либо нестандартным набором свойств, интересующих покупателя.

### 5.1.3 SWOT–анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT–анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз.

Результаты первого этапа SWOT–анализа представлены в таблице 5.1.3.1.

Таблица 5.1.3.1 – Первый этап SWOT–анализа

	Сильные стороны проекта: С1. Грамотность спроектированного макета; С2. Простая технология изготовления; С3. Универсальность; С4. Надежность и безопасность; С5. Ремонтпригодность; С6. Новые методы решения задачи.	Слабые стороны проекта: Сл1. Малое количество информации о авиатренажерах и их разработке; Сл2. Разработка программного кода.
Возможности: В1. Развитие сферы развлечения в России; В2. Популярность виртуальной дополненной реальности; В3. Потребность различных тренажеров; В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.		
Угрозы: У1. Развитие авиатренажеров в других странах; У2. Незаинтересованность различных компаний в моем проекте; У3. Наличие альтернативных способов реализации; У4. Отсутствие спроса на новые технологии производства.		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно–исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблице 5.1.3.2.

Таблица 5.1.3.2 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны						Слабые стороны	
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Сл1	Сл2
Возможности проекта	B1	+	+	+	-	-	-	+	-
	B2	-	+	+	+	+	+	-	+
	B3	+	+	+	-	+	+	-	+
	B4	+	+	+	+	-	+	+	+
Угрозы проекта	У1	-	-	-	-	-	+	+	-
	У2	-	-	-	-	-	-	+	+
	У3	+	+	+	-	-	+	+	+
	У4	-	+	-	-	-	+	+	-

Таким образом, в рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT–анализа (таблица 5.1.3.3).

Таблица 5.1.3.3 – Итоговая матрица SWOT–анализа

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Грамотность спроектированного макета;</p> <p>С2. Простая технология изготовления;</p> <p>С3. Универсальность;</p> <p>С4. Надежность и безопасность;</p> <p>С5. Ремонтопригодность;</p> <p>С6. Новые методы решения задачи.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Малое количество информации о авиатренажерах и их разработке;</p> <p>Сл2. Разработка программного кода.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Развитие сферы развлечения в России;</p> <p>В2. Популярность виртуальной дополненной реальности;</p> <p>В3. Потребность различных тренажеров;</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Тренажер может составить огромную конкуренцию как на рынке авиатренажеров так и на других сферах его применения. Поэтому имеет все необходимые параметры, для привлечения интереса потребителя, различных компаний.</p> <p>Необходимо производить рекламу с упором на данное преимущество сильные стороны. Устройство имеет грамотную проектировку, при этом сохраняет хорошее качество и функционал.</p>	<p>Для реализации, необходимо много времени, а также помощи людей из разных направлений (инженеры, программисты, работника хорошо разбирающегося в авиатренажерах или авиастроении).</p> <p>Привлечение новых потребителей и заказчиков позволит ускорить выход на рынок.</p> <p>Повышение квалификации персонала позволит увеличить темп работы над проектом.</p> <p>Плюсы: небольшая вероятность создания более новых тренажеров</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Развитие авиатренажеров в других странах;</p> <p>У2. Незаинтересованность различных компаний в моем проекте;</p> <p>У3. Наличие альтернативных способов реализации;</p> <p>У4. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p>	<p>Данный проект имеет небольшой круг потребителей, т.к. не всем нужен тренажер, а также многие предпочитают более профессиональный тренажер. Необходимость в популяризации тренажера, для большей конкурентности при начальном заходе на рынок.</p> <p>Применение новых разработок и технологий позволит увеличить спрос на продукт.</p>	<p>Внезапное появление новых конкурентов.</p> <p>Отсутствие спроса на новые технологии может замедлить срок выхода на рынок и понизить квалификацию персонала.</p> <p>Данный проект может не состояться из-за недостатка компетентного рабочего персонала.</p> <p>Проблему необходимо решать с привлечением разнообразных специалистов разбирающихся в данном направлении, и грамотный выход на рынок.</p>

Результаты SWOT–анализа:

- 1) Небольшая потребность в тренажерах;
- 2) Создание более нового универсального тренажера;
- 3) Противоречие между скорейшим выходом на рынок тренажера и с проблемами долгой разработки тренажера;
- 4) Популяризация компактного и универсального тренажера.

## **5.2 Планирование научно–исследовательских работ**

### **5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 5.2.1.1).



Таблица 5.2.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, студент
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, студент
	4	Патентный обзор литературы	Студент
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
Проектирование и разработка устройства	6	Построение электрической схемы	Руководитель, студент
	7	Подбор компонентов	Руководитель, студент
	8	Написание программного кода устройства	Студент
	9	Моделирование корпуса устройства	Студент
	10	Построение макетов и проведение экспериментов	Руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент
	12	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, студент
<b>Проведение ВКР</b>			
Разработка технической документации	13	Оценка эффективности производства и применения разработки	Студент, консультант по ЭЧ
	14	Разработка социальной ответственности по теме	Студент, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	15	Составление пояснительной записки	Студент

### 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к.

зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (5.2.2.1)$$

где  $t_{ожі}$  – 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.;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.2.2.2)$$

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

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

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

### 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{Ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.2.3.1)$$

где  $T_{Ki}$  – продолжительность одной работы в календарных днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.2.3.2)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – календарных дней году (365);

$T_{\text{вых}}$  – выходных дней в году (96);

$T_{\text{пр}}$  – праздничных дней в году (14).

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 96 - 14} = 1,48.$$

Таким образом:

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу К.1 (приложение К). На основе таблицы К.1 строится календарный план–график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно–исследовательского проекта на основе таблицы Л.1 (приложение Л) с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

#### **5.2.4 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:

- 1) материальные затраты НТИ;

- 2) затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- 3) основная заработная плата исполнителей темы;
- 4) дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- 5) отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- 6) затраты научные и производственные командировки;
- 7) контрагентные расходы; накладные расходы.

#### **5.2.4.1 Расчет материальных затрат НИИ**

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на:

- 1) приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- 2) покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;
- 3) покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- 4) сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i + N_{расхi}, \quad (5.2.4.1.1)$$

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

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м,  $m^2$  и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ $m^2$  и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15 – 25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 5.2.4.1.1.

Таблица 5.2.4.1.1 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер		Количество	Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.	
	Исп.1	Исп.2		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Подшипник	625ZZ, 5×16×5 мм		17	90		1530	
Сервопривод	DS04-NFC, 40×20×40 мм		2	600		1200	
Драйвер	PCA9685	Multiservo Shield	1	450	1020	450	1020
Источник питания	AC-DC 5/12В, 65Вт HF65W-DSM-A	AC-DC 12В, 35Вт HF35W-SE-12	1	3520	1280	3520	1280
Кабель USB A – Mini USB	1,5 м		1	80		80	
Двухосевой джойстик PS2	KY-023		1	50		50	
Плата макетная беспаячная	WB-170		1	52		52	
Шлейф с разъемами МАМА-МАМА	BBJ-FF-20cm		6	12		72	
Шлейф с разъемами ПАПА-ПАПА	BBJ-MM-20cm		2	12		24	
Шлейф с разъемами ПАПА-МАМА	BBJ-MF-20cm		6	12		72	

Продолжение таблицы 5.2.4.1.1

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ),
--------------	---------------	------------	-------------------	--

					руб.	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Отладочная плата NUCLEO–F401RE			1		1870	1870
Модуль вибромотора с поддержкой ШИМ			1		290	290
Регулятор напряжения на 5В	–	LM1085IT–5.0	0	1	0	150
Пластик для 3Д принтера	ABS–пластик		1		2000	2000
Всего за материалы					11210	9690
Транспортно-заготовительные расходы (15 – 25%)					2803	2423
Итого по статье С <sub>м</sub>					14013	12113

### 5.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (5.2.4.2.1)$$

где  $C_{\text{перв}}$  – первоначальная стоимость, руб;

$T_{\text{пи}}$  – время полезного использования, год.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 5.2.4.2.1.

Таблица 5.2.4.2.1 – Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

Наименование оборуд.	Кол-во единиц оборуд.	Цена единицы оборуд., руб.	Стоимость оборуд., руб.	Срок службы оборуд., год	Норма амортизации, %	Амортизация ежемесячная, руб/мес.
3Д принтер	1	45500	45500	10	10	379
Ноутбук	1	35000	35000	5	20	583
Всего:						962
Доставка и монтаж (15%)						144
Итого в месяц						1106
Итого за период исследования (9 месяцев)						9954

### 5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (5.2.4.3.1)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (5.2.4.3.2)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 5.2.4.3.1);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.2.4.3.3)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5–дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6–дневная неделя;

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

Таблица 5.2.4.3.1 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней				
1) выходные дни:	52	52	52	52
2) праздничные дни:	14	14	14	14
Потери рабочего времени				
1) отпуск:	48	48	48	48
2) невыходы по болезни:	7	7	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	245	245	245

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (5.2.4.3.4)$$

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

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{tc}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15 – 20 % от  $Z_{tc}$ );

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

Тарифная заработная плата  $Z_{tc}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1–го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_T$  и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 5.2.4.3.2.



Таблица 5.2.4.3.2 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{р}$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель (к.т.н)	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1241,6	43	53388,8
Студент	8600	0,3	0,2	1,3	16770	711,8	150	106770
Консультант ЭЧ	20080	0,3	0,2	1,3	39156	1662,1	7	11634,7
Консультант СО	20080	0,3	0,2	1,3	39156	1662,1	7	11634,7
Итого:								183428,2

#### 5.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (5.2.4.4.1)$$

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

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 5.2.4.4.1.

Таблица 5.2.4.4.1 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$ , руб.	$Z_{доп}$ , руб.	$Z_{зп}$ , руб.
Руководитель	53388,8	8008,32	61397,12
Бакалавр	106770	16015,5	122785,5
Консультант ЭЧ	11634,7	1745,21	13379,91
Консультант СО	11634,7	1745,21	13379,91
<b>Итого</b>	<b>183428,2</b>	<b>27514,24</b>	<b>210942,44</b>

#### 5.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5.2.4.5.1)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – 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 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.2.7.

Таблица 5.2.4.5.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	53388,8	8008,32
Бакалавр	106770	16015,5
Консультант ЭЧ	11634,7	1745,21
Консультант СО	11634,7	1745,21
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
<b>Итого:</b>	<b>63182,7</b>	

#### 5.2.4.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Научные и производственные командировки не планируются проводиться на данном этапе работ.

#### 5.2.4.7 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы, связанные с выполнением каких–либо работ в рамках исследования сторонними организациями, не потребуются.

#### 5.2.4.8 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:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (5.2.4.8.1)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= 0,16 \cdot (14013 \text{ или } 12113 + 80500 + 183428,2 + 27514,24 + 63182,7) = \\ &= 58982,1 \text{ или } 58678,1 \text{ руб.} \end{aligned}$$

#### **5.2.4.9 Формирование бюджета затрат научно–исследовательского проекта**

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.2.4.9.1.

Таблица 5.2.4.9.1 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НТИ	14013	12113	таблица 5.2.2
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	80500		таблица 5.2.3
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	183428,2		таблица 5.2.5
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	27514,24		таблица 5.2.6
5. Отчисления во внебюджетные фонды	63182,7		таблица 5.2.7
6. Накладные расходы	58982,1	58678,1	16 % от суммы ст. 1–5
7. Бюджет затрат НТИ	427620,24	427316,24	Сумма ст. 1–6

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.3.1)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно–исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.3.2)$$

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблице 5.3.1.

Таблица 5.3.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда	0,1	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	4
4. Энергосбережение	0,2	5	5
5. Надежность	0,25	5	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5
ИТОГО	1	5	4,35

Сравнив значения интегральных показателей ресурсоэффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом для проектирования с позиции ресурсосбережения.

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (5.3.3)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблицу 5.3.2) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (5.3.4)$$

Таблица 5.3.2 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	5	4,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,14	0,88

Исходя из сравнительной оценки эффективности и полученных результатов, можно сделать вывод, что наиболее эффективным вариантом исполнения научно–исследовательской работы является 1 вариант.

#### 5.4 Выводы по разделу

В ходе выполнения работы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» имеется сформированная концепция проекта, SWOT–анализ, показывающий сильные и слабые стороны, а также угрозы и возможности, на основании которого были выдвинуты предложения для снижения угроз и минимизации влияния слабых сторон. Также оценена конкурентоспособность проекта.

Выявлено, что создаваемый проект имеет актуальность и высокую конкурентоспособность. Планирование работы позволило выделить основные этапы, календарные сроки и отразить их на диаграмме Ганта. В результате планирования бюджета оказалось, что большая часть финансовых средств тратится на затраты по заработной плате работников. Также проведена оценка эффективности научного исследования с позиции ресурсосбережения и сравнительная эффективность разработки.

Следовательно, можно сделать вывод, что данный авиатренажер способен занять отличные позиции на рынке, имеет много заинтересованных сторон и в данный момент имеет хорошую актуальность.

## **6 Социальная ответственность**

### **6.1 Социальная ответственность**

Выпускная квалификационная работа направлена на создание макета авиационного тренажера, которое позволяет проводить различные испытания, как в программном обеспечении, так и в конструировании. Устройство существенно повысит конкурентоспособность будущего готового продукта.

Данное устройство актуально у пользователей любых возрастов. Например, использование устройства в сфере развлечений (как в коммерческих целях, так и в качестве хобби), в летных школах или автошколах (от подростков до работающего населения).

Макет авиатренажера представляет собой устройство, которое имитирует движение (полет) воздушного судна по двум осям (крен – Roll, тангаж – Pitch). Управление производится посредством джойстика, а движение устройства производится через двигатели. В качестве симуляции механических колебания или вибрации используется вибромодуль.

Разработка устройства предполагает проектирование принципиальной схемы, проектирование корпуса устройства, монтаж макета устройства, написание программного кода.

#### **6.1.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

##### **6.1.1.1 Правовые нормы трудового законодательства**

Согласно ТК РФ N477 – ФЗ работник аудитории, 4 корпуса ТПУ, имеет право на [86]:

- 1) рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- 2) обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- 3) 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;

4) обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

5) внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

### **6.1.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны**

Рабочее место в аудитории, 4 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032–78.

Площадь помещения должна быть не меньше 4,5 м<sup>2</sup>, а высота не менее 4 м. Кроме того, необходимое требование к объему – не менее 20 м<sup>3</sup> на одного человека. Оптимальные размеры поверхности рабочей плоскости 1600×1000 кв. мм, и высота над уровнем пола рабочей поверхности, должна составлять 720 мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Расстояние между глазами работника и экраном видеодисплея должно составлять 40 – 80 см [87].

### **6.1.2 Производственная безопасность**

Разработка устройства подразумевает использование Персонального компьютера (ПК), с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проектировании, разработке программной части устройства и изготовлении макета, а также требования по организации рабочего места.

Факторы сформулированы и представлены в таблице 6.1.2.1 [88].

Таблица 6.1.2.1 – Возможные опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке устройства

Факторы (ГОСТ 12.0.003–2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изгото- вление	Эксплуа- тация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+		СанПиН 1.2.3685–21 [89]
2. Превышение уровня шума на рабочем месте	+	+	+	
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+		
4. Повышенный уровень напряженности электростатического поля	+	+		ГОСТ 12.1.003–2014 [90]
5. Поражение электрическим током	+	+	+	СП 52.13330.2016 [91]
6. Монотонность труда	+	+		ГОСТ 30494– 2011 [92]
7. Умственное перенапряжение	+	+	+	
8. Эмоциональные и физические перегрузки	+	+	+	
9. Короткое замыкание	+	+	+	

### 6.1.2.1 Мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов

#### – Освещение

Недостаточная освещенность рабочей зоны может вызвать проблемы со зрением, привести к быстрому утомлению и травматизму, снижению работоспособности, растет вероятность ошибочных действий. Согласно ГОСТ Р 55710–2013 к средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся: источники света, осветительные приборы [93].

В аудитории, 4 корпуса ТПУ, имеется естественное (боковое одностороннее) и искусственное освещение. Рабочие столы размещены таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой

стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК осуществляется системой общего равномерного освещения.

В случаях работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. В качестве источников света применяются светодиодные светильники или галогенные лампы, используемые в качестве местного освещения [91].

#### – Шум

К наиболее неблагоприятным воздействиям шума на организм человека выделяют следующие примеры: снижение разборчивости речи, утомление и снижение производительности, появление шумовой патологии.

Источниками шума может быть работающая система вентиляции, вентиляторы в ПК и т.д.

При работе с ПК в аудитории, 4 корпуса ТПУ, характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы. Согласно ГОСТ 12.1.003–2014 уровень шума не более 80 дБА [94].

К способам защиты от шума можно отнести: применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных).

#### – Микроклимат

При отклонении показателей микроклимата нарушается физическая, интеллектуальная деятельность.

Аудитория, 4 корпуса ТПУ, является помещением I б категории. Микроклимат помещения соответствует оптимальным показателям, а именно относительная влажность воздуха (45 – 60 %), скорость движения воздушных

потоков – менее 0,2 м/с, температура воздуха в теплый период (+22 – 25) °С, температура воздушных потоков в холодное время года (+18 – 22) °С.

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 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 (вентиляционная установка).

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ [53].

– Монотонность труда, умственное перенапряжение, эмоциональные и физические перегрузки

Данные факторы негативно влияют на работоспособность и общее состояние человека. Для снижения негативных факторов необходимо вводить в работу перерывы во время работы (короткие дополнительные перерывы), зарядку (гимнастику), смену деятельности работников и т.п. В соответствии со ст. 108 ТК РФ в течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут [86].

– Напряженность электростатического поля

При разработке устройства основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) является возможность поражения электрическим током. Использование персонального компьютера может привести к наличию таких вредных факторов, как повышенный уровень статического электричества, повышенный уровень электромагнитных полей, повышенная напряженность электрического поля.

Для уменьшения влияния данных факторов согласно ГОСТ 12.4.011–89 используют: заземляющие устройства, нейтрализаторы, антиэлектростатические вещества, экранирующие устройства [95].

Также основными техническими средствами защиты является автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

Уровень напряжения для питания ПК в данной аудитории 220 В. По опасности поражения электрическим током помещение относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 20 – 22 °С, с влажностью 45 – 60 %) [91].

– Короткое замыкание и поражение электрическим током  
Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- 1) прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- 2) прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- 3) ошибочное включение электроустановки;
- 4) поражение шаговым напряжением.

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место в аудитории, 4 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации. Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия (например, проведение инструктажей и допуск к работе).

Также обычно применяют следующие основные защитные меры: автоматическое отключение питания (при повреждении провода и при прикосновении) или замыкание на землю; двойную или усиленную изоляцию; электрическое разделение (для питания одного электроприемника);

сверхнизкое напряжение (система безопасного сверхнизкого напряжения – БСНН и система защитного сверхнизкого напряжения – ЗСНН); защитное уравнивание потенциалов.

Изоляция для электрооборудования должна соответствовать стандартам на конкретные типы оборудования [96, 97].

### **6.1.3 Экологическая безопасность**

Устройство состоит из микроконтроллера (главного компонента) и различных периферийных устройств (двигатели, элементы управления), а также самого корпуса.

Большинство электронной техники (ПК, микроконтроллеры и периферийные устройства) содержат вредные вещества, которые должны правильно утилизироваться.

Утилизация осуществляется по разработанной схеме, которая должна соблюдаться согласно ГОСТ Р 55102–2012 [98]. После оформления всех документов, электронная техника вывозится на перерабатывающую фабрику.

Утилизация галогеновых и светодиодных светильников ничем не отличается от переработки других малоопасных отходов (отнесены к 4 классу опасности), однако необходимо проводить паспортизацию таких отходов (в соответствии приказу Минприроды России от 08.12.2020 N 1026 «Об утверждении порядка паспортизации и типовых форм паспортов отходов I – IV классов опасности»). Переработкой занимаются специализированными и имеющими лицензию на данный вид деятельности организации.

Поиск различной информации в сети Интернет, проектирование и моделирование работы устройства с помощью различных программ никак не повлияет негативно на окружающую среду.

Использованная макулатура (различная литература, статьи, ГОСТы, нормативно–техническая документация) утилизируется согласно ГОСТ Р 55090–2012 [99] и в последствии вторично используется.

#### **6.1.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС)**

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);
4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления [100].

Основные источники возникновения пожара:

1) Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, проводить плановый осмотр электрооборудования.

2) Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

3) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Наиболее вероятной ЧС для данного устройства можно назвать пожар в аудитории в следствии короткого замыкания. В аудитории применяются качественные и дорогостоящие приборы и устройства, также используются не горючие и не выделяющие дым кабели и провода.

Также возникновение пожара или взрыва происходит из-за человеческого фактора (например, несоблюдение правил пожарной безопасности).

Современные нормы пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара:

а) Предел огнестойкости помещения должен быть следующим: перегородки, стены и перекрытия – не менее REI 45 [101].

б) При разработке проекта необходимо учесть, что автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) должна быть обеспечена электропитанием по первой категории [102, 103].

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 пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов [103, 104].

Таким образом, аудитория оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ–3, ОП–3, (предназначены для тушения любых материалов, применяется для тушения ПК, класс пожаров А, Е).

В 4 корпусе ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию людей в соответствие с планом эвакуации.

## **6.2 Выводы по разделу**

В ходе выполнения раздела были выявлены опасные и вредные факторы для работника, не только в процессе разработки, но и на стадиях сборки устройства. Также рассмотрены источники вероятных загрязнений и методы их предотвращения (экологическая безопасность).

При применении или внедрении вышеизложенных различных методов защиты, возможно предотвращение наиболее вероятных негативных факторов, ЧС как для человека, так и для окружающей среды.

Таким образом рабочее место в аудитории, 4 корпуса ТПУ, соответствует всем требованиям и нормативно-техническим документам.



## **Заключение**

В ходе выполнения был произведен теоретический обзор устройства, реализованы необходимые схемы для наглядности работы проекта, а также 3D модель макета с чертежами. Также описан принцип работы устройства. В программно-аппаратной платформе Mbed создан программный код устройства, позволяющий управлять макетом через джойстик. В ходе тестирования макета существенных проблем не найдено, но присутствуют недочеты, как при проектировании модели, так и в компонентной базе.

К достоинствам макета можно отнести простоту сборки. Все электронные компоненты доступны и имеют низкую цену. А также все электронные компоненты совместимы и могут питаться от одного источника питания на 5 В.

В дальнейшем планируется продолжить работу в данном направлении: необходимо добавление различных индикаторов (дисплей), элементы управления, приборную панель, то есть реализовать полноценный авиатренажёр. А также программно реализовать соединение тренажера с программами для авиасимуляции тренировок. Дополнительно управление можно реализовать через радиомодули на примере проекта многофункционального радиоконтроллера (устранив тем самым проблемы с подключением через провода, как для самого макета с сервоприводами, так и для элементов управления) [105].

## Список использованных источников

1. Филиппенко В. О. Применение авиационных тренажёров для наземной подготовки пилотов //Т. – 2015. – Т. 2. – С. 48-51.
2. Крен, Тангаж, Рыскание: сайт. – Москва, 2011–2021. – URL: [https://rcsearch.ru/wiki/Крен,\\_Тангаж,\\_Рыскание](https://rcsearch.ru/wiki/Крен,_Тангаж,_Рыскание) (дата обращения: 03.03.2021). – Текст: электронный.
3. ГОСТ Р 57259–2016. Тренажеры авиационные. Термины и определения: дата введения 2017–06–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200141434> (дата обращения 05.03.2021). – Текст: электронный
4. Авиационный тренажер – Википедия: сайт. – Москва, 2021. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Авиационный\\_тренажёр](https://ru.wikipedia.org/wiki/Авиационный_тренажёр) (дата обращения: 06.03.2021). – Текст: электронный.
5. Попов В. М., Здрачук С. В. Учебный тренажер кабины вертолета Ми–8Т на базе авиационного симулятора //Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – 2018. – №. 4.
6. Авиационные тренажеры: взлететь, не отрываясь от земли: сайт. – Москва, 2021. – URL: <https://rostec.ru/news/aviatsionnye-trenazhery-vzletet-ne-otryvayas-ot-zemli/> (дата обращения: 20.03.2021). – Текст: электронный.
7. Лапшин Э. В., Кемалов Б. К., Куатов Б. Ж. Проектирование авиационных тренажеров с распараллеливанием вычислительных процессов //Надежность и качество сложных систем. – 2016. – №. 4 (16).
8. Комплексный тренажер экипажа вертолета Ми–24: сайт. – URL: [http://simulator.ua/files/tp/mi24\\_ru.pdf](http://simulator.ua/files/tp/mi24_ru.pdf) (дата обращения: 23.03.2021). – Текст: электронный.
9. Зінченко В. П. Про застосування імітаторів акселераційних ефектів в авіаційних тренажерах //Системи озброєння і військова техніка. – 2011. – №. 2. – С. 131-134.

10. Решетникова Н. В., Криволапчук И. Г. Адаптивное управление платформой авиационного тренажёра //Перспективные информационные технологии. – 2016. – С. 931-935.
11. Авиационный тренажер симулятор: сайт. – Москва, 2011–2021. – URL: <http://larengineering.ru/projects-product.html?itemid=5> (дата обращения: 25.03.2021). – Текст: электронный.
12. Интерактивная платформа–симулятор «Двухосевое вращение 360 градусов»: сайт. – Санкт–Петербург, 2020. – URL: <https://pl-lc.ru/catalog/aviatsiya-i-kosmonavtika/uchebnoe-oborudovanie-i-trenazhery/interaktivnaya-platforma-simulyator-dvukhosevovoe-vrashchenie-360-gradusov/> (дата обращения: 27.03.2021). – Текст: электронный.
13. Как устроены авиатренажеры. Киберфизические системы подготовки пилотов: сайт. – Белгород, 2020. – URL: <https://naukatehnika.com/kak-ustroenyi-aviatrenazheryi.-kiberfizicheskie-sistemyi-podgotovki-pilotov.html> (дата обращения: 28.03.2021). – Текст: электронный.
14. Реферат Авиационный тренажёр: сайт. – Москва, 2011. – URL: [https://wreferat.baza-referat.ru/Авиационный\\_тренажёр](https://wreferat.baza-referat.ru/Авиационный_тренажёр) (дата обращения: 29.03.2021). – Текст: электронный.
15. Будылина Е. А. и др. Тренажеры по подготовке операторов эргатических систем: состояние и перспективы //Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №. 4.
16. Шматовский В. И. Устройство сопряжения объектов для авиационного тренажера //Молодой ученый. – 2016. – №. 13. – С. 288-292.
17. Microsoft Flight Simulator – Википедия: сайт. – Москва, 2021. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Flight\\_Simulator](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Flight_Simulator) (дата обращения: 01.04.2021). – Текст: электронный.
18. X–Plane – Википедия: сайт. – Москва, 2021. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/X-Plane> (дата обращения: 01.04.2021). – Текст: электронный.

19. Будущее авиационных VR–тренажеров для подготовки пилотов: сайт. – Москва, 2019. – URL: <https://www.aircharter.ru/about-us/news-features/blog/are-vr-flight-simulators-the-future-of-pilot-training> (дата обращения: 03.04.2021). – Текст: электронный.

20. Современные тренажеры – реализм и безопасность полётов: сайт. – Москва, 2016. – URL: <http://новости-россии.ru-an.info/новости/современные-тренажеры-реализм-и-безопасность-полётов/> (дата обращения: 03.04.2021). – Текст: электронный.

21. Параллакс – Википедия: сайт. – Москва, 2020. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Параллакс> (дата обращения: 05.04.2021). – Текст: электронный.

22. Система визуализации окружающего мира в авиационных тренажерах: сайт. – Москва, 2009–2019. – URL: <https://moscow.tft.aero/info/blog/visualisatcia-aviatrenazera> (дата обращения: 05.04.2021). – Текст: электронный.

23. Гарькина И. А., Данилов А. М., Пылайкин С. А. Структура имитатора динамики полета транспортного самолета //Современная техника и технологии. – 2014. – №. 6. – С. 18-18.

24. Четвертаков А. А., Санников А. С., Глашев Р. М. Система ЧПУ для комплекса моделирования полета в кабине пассажирского самолета //Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2018. – Т. 14. – №. 4.

25. Константян В. Н., Нахушев Р. С., Шаваев А. А. Взаимодействие шлема виртуальной реальности и комплекса симуляции полета //Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2018. – Т. 14. – №. 4.

26. Шаваев А. А., Гирс Р. А., Цыганкова О. А. Разработка конструкции комплекса моделирования полета //Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2018. – Т. 14. – №. 4.

27. Home Cockpit Simulator Control Interface Software: сайт. – 2012–2021. – URL: <https://hcscis.com/> (дата обращения: 06.04.2021). – Текст: электронный.

28. MTGS332 V55 Hybrid Passive – Flight Simulator Center: сайт. – 2020–2021. – URL: <https://www.fsc.it/Product.aspx?lang=ENG&ID=c19ee43d-e7a3-4158-953c-a75659c4d44e#Manuali> (дата обращения: 06.04.2021). – Текст: электронный.

29. Sim Innovations – Flight simulation solutions: сайт. – 2021. – URL: <https://www.siminnovations.com/> (дата обращения: 06.04.2021). – Текст: электронный.

30. Cessna 172 Flight Simulator Panel: сайт. – 2018. – URL: <https://cessna172sim.allanglen.com/> (дата обращения: 07.04.2021). – Текст: электронный.

31. C172S G1000 – Baron58 G1000 cockpit simulator with Dual Yoke – Flight Simulator Center: сайт. – 2020–2021. – URL: <https://www.fsc.it/Product.aspx?lang=ENG&ID=943ee8d4-eaea-472c-83da-66eed1f54b8f#Manuali> (дата обращения: 07.04.2021). – Текст: электронный.

32. Darsim budget flight simulators and modules by Fahimeh Khaleghi – Kickstarter: сайт. – 2021. – URL: <https://www.kickstarter.com/projects/darsimflightsims/darsim-budget-flight-simulators-and-modules/posts> (дата обращения: 07.04.2021). – Текст: электронный.

33. B737 Single Yoke pro active – Flight Simulator Center: сайт. – 2020–2021. – URL: <https://www.fsc.it/Product.aspx?lang=ENG&ID=a5e491e8-9745-42ca-bbd5-09b33f849343#Manuali> (дата обращения: 08.04.2021). – Текст: электронный.

34. VR FlightSim: сайт. – 2021. – URL: <https://vrflightsim.wixsite.com/mysite/to-be-made> (дата обращения: 08.04.2021). – Текст: электронный.

35. DIY 3D Printed Flight Yoke for 2020 Microsoft Flight Simulator: сайт. – 2020. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=nO-lanEc5vM&list=WL&index=70&t=549s> (дата обращения: 09.04.2021). – Текст: электронный.
36. Академия Google: сайт. – 2021. – URL: [https://scholar.google.ru/schhp?hl=ru&as\\_sdt=2007](https://scholar.google.ru/schhp?hl=ru&as_sdt=2007) (дата обращения: 10.04.2021). – Текст: электронный.
37. Поисковая система ФИПС: официальный сайт. – Москва, 2009–2021. – URL: <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/> (дата обращения: 10.04.2021). – Текст: электронный.
38. Система PATENTSCOPE – поиск патентных документов: сайт. – 2021. – URL: <https://patentscope.wipo.int/search/ru/search.jsf> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.
39. КиберЛенинка: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2018–2021. – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.
40. Российская государственная библиотека: сайт. – Москва, 1999–2021. – URL: <https://search.rsl.ru/#ff=22.03.2021&s=fdatedesc> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.
41. Патент № 2688500 Российская Федерация, МПК G09B 9/08 (2006.01), A63G 31/00 (2006.01). Авиационный симулятор (авиасимулятор) самолета Boeing 737: № 2018132825: заявл. 15.09.2018: опубл. 21.05.2021 / Идиятуллин К. Н.; заявитель ООО «СпецЭлектроМонтаж».
42. Патент № 2367026 Российская Федерация, МПК G09B 9/46 (2006.01). Тренажер для обучения летчиков пилотированию ударного вертолета и применению авиационных средств поражения: № 2008104437/28: заявл. 05.02.2008: опубл. 10.09.2009 / Шукшунов В. Е. и др.; заявитель ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала».
43. Патент № 2340950 Российская Федерация, МПК G09B 9/06 (2006.01). Тренажерный комплекс для подготовки экипажей кораблей: №

2007122868/28: заявл. 18.06.2007: опубл. 10.12.2008 / Новиков Е. С. и др.; заявитель ФГУП «Санкт-Петербургское морское бюро машиностроения «Малахит», ОАО «Концерн «Моринформсистема–Агат».

44. Патент № 2653448 Российская Федерация, МПК G09B 9/52 (2006.01). Симулятор полета космического корабля: № 2017117643: заявл. 22.05.20017: опубл. 08.05.2018 / Беленький А. Ю.; заявитель Беленький А. Ю.

45. Патент № 23210 Российская Федерация, МПК G09B 9/08 (2000.01). Система подвижности кабины пилотажного тренажера летательного аппарата: № 2001128359/20: заявл. 24.10.2001: опубл. 27.05.2002 / Елисеев А. В.; заявитель Елисеев А. В.

46. Патент № 54522 Российская Федерация, МПК A63B 71/00 (2006.01). Аттракцион–тренажер: № 2005135243/22: заявл. 14.11.2005: опубл. 10.07.2006 / Тебеньков В. И.; заявитель Тебеньков В. И., Данчишин Ю. А.

47. Патент № 114616 Российская Федерация, МПК A63G 31/00 (2006.01). Аттракцион симуляции движений: № 2011140611/12: заявл. 07.11.2011: опубл. 10.04.2012 / Воробьев Б. О.; заявитель ООО «Это».

48. Сервоприводы Ардуино SG90, MG995, MG996. Подключение и схемы: сайт. – Москва, 2017–2019. – URL: [https://arduinomaster.ru/motor-dvigatel-privod/servoprivody-arduino-sg90-mg995-shema-podklyuchenie-upravlenie/#\\_\\_360\\_180\\_270](https://arduinomaster.ru/motor-dvigatel-privod/servoprivody-arduino-sg90-mg995-shema-podklyuchenie-upravlenie/#__360_180_270) (дата обращения: 15.04.2021). – Текст: электронный.

49. Привод постоянного вращения Feetech FS5103R: сайт. – Москва, 2010–2021. – URL: <https://amperka.ru/product/servo-fs5103r> (дата обращения: 15.04.2021). – Текст: электронный.

50. MTR–SERVO–FS5103R, Аналоговый сервомотор постоянного вращения, 360°, 3.2 кг.см, 6В: сайт. – Москва, 2006–2021. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/mtr-servo-fs5103r> (дата обращения: 15.04.2021). – Текст: электронный.

51. MTR–SERVO–FS5106R, Аналоговый сервомотор постоянного вращения, 360°, 6 кг.см, 6В: сайт. – Москва, 2006–2021. – URL:

<https://www.chipdip.ru/product/mtr-servo-fs5106r> (дата обращения: 16.04.2021). – Текст: электронный.

52. Привод постоянного вращения DS04–NFC для Arduino: сайт. – Москва, 2021. – URL: <https://iarduino.ru/shop/Mehanika/privod-postoyannogo-vrascheniya-ds04-nfc.html> (дата обращения: 17.04.2021). – Текст: электронный.

53. SM–S4303R большой непрерывного вращения 360 градусов пластиковые сервопривод для робота: сайт. – 2021. – URL: <http://allbuyshop.ru/goods/60700495285> (дата обращения: 18.04.2021). – Текст: электронный.

54. Цифровой стандартный сервопривод AGFrc C36DLSR, напряжение 4,8–6,0 В, 3–3,6 кг, непрерывное вращение на 360 градусов, для радиоуправляемых самолетов: сайт. – 2021. – URL: <http://allbuyshop.ru/goods/62424233521> (дата обращения: 19.04.2021). – Текст: электронный.

55. FH–3360BB 3 кг 360 градусов непрерывное вращение RC сервопривод robotica Маленькие Электрические игрушечные двигатели rc сервопривод высокая скорость: сайт. – 2021. – URL: <http://allbuyshop.ru/goods/62541430357> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст: электронный.

56. Драйвер моторов TB6612: сайт. – Санкт-Петербург, 2014–2021. – URL: <https://smartelements.ru/collection/motory-dravery-shassi/product/drayver-motorov-tb6612> (дата обращения: 21.04.2021). – Текст: электронный.

57. MOSFET Motor Shield V2.0: сайт. – Москва, 2015–2021. – URL: <https://voltiq.ru/shop/motor-shield-tb6612-v2-0-mosfet/> (дата обращения: 21.04.2021). – Текст: электронный.

58. L298P Motor Shield: сайт. – Москва, 2015–2021. – URL: <https://voltiq.ru/shop/motor-shield-l298p-2/> (дата обращения: 21.04.2021). – Текст: электронный.



59. L298P Arduino Motor Shield: сайт. – Москва, 2015–2021. – URL: <https://voltiq.ru/shop/motor-shield-l298p/> (дата обращения: 21.04.2021). – Текст: электронный.
60. Драйвер моторов на L298N: сайт. – Москва, 2021. – URL: <https://iarduino.ru/shop/Expansion-payments/drayver-kontrollera-shagovogo-dvigatelya-l298n.html> (дата обращения: 22.04.2021). – Текст: электронный.
61. L293D Motor Shield: сайт. – Москва, 2015–2021. – URL: <https://voltiq.ru/shop/l293d-motor-shield/> (дата обращения: 22.04.2021). – Текст: электронный.
62. Multiservo Shield, Драйвер серводвигателей на основе ATmega48: сайт. – Москва, 2006–2021. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/multiservo-shield> (дата обращения: 22.04.2021). – Текст: электронный.
63. Обзор модуля PCA9685: сайт. – Самара, 2016–2021. – URL: <https://robotchip.ru/obzor-pca9685/> (дата обращения: 22.04.2021). – Текст: электронный.
64. SH JK4B2 – Аналоговый двухосевой джойстик, 4 большие кнопки и 2 маленькие. Плата-расширение для Arduino: сайт. – Москва, 1998–2021. – URL: <https://www.dessy.ru/catalog-pdc390282.html> (дата обращения: 24.04.2021). – Текст: электронный.
65. СНС–104В–М4, джойстик 2D 5кОм для видеосистем: сайт. – Москва, 2006–2021. – URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8002885533> (дата обращения: 24.04.2021). – Текст: электронный.
66. Джойстик, FLASH–I2C – Datasheet: сайт. – Москва, 2021. – URL: <https://wiki.iarduino.ru/page/joystick-i2c-datasheet/> (дата обращения: 24.04.2021). – Текст: электронный.
67. Двухосевой джойстик YwRobot: сайт. – Москва, 2021. – URL: [https://amperkot.ru/products/dvuhosevoy\\_dzhoystik\\_ywrobot/24140071.html#description](https://amperkot.ru/products/dvuhosevoy_dzhoystik_ywrobot/24140071.html#description) (дата обращения: 24.04.2021). – Текст: электронный.

68. Обзор двухосевого джойстика (KY-023, PS2): сайт. – Самара, 2016–2021. – URL: <https://robotchip.ru/obzor-dvukhosevogo-dzhoystika-ky-023-ps2/> (дата обращения: 24.04.2021). – Текст: электронный.
69. Джойстик: сайт. – 2021. – URL: <https://www.directindustry.com.ru/proizvoditel-promyshlennyj/dzhoystik-60865.html> (дата обращения: 24.04.2021). – Текст: электронный.
70. Модуль вибрации: сайт. – Тула. – URL: <https://www.e-red.ru/products/modul-vibratsii-24722> (дата обращения: 24.04.2021). – Текст: электронный.
71. Вибромотор 4×8мм: сайт. – Москва, 2015–2021. – URL: <https://voltiq.ru/shop/hollow-cup-4x8-mm-vibration-micro-motor/> (дата обращения: 26.04.2021). – Текст: электронный.
72. Плоский вибромотор: сайт. – Москва, 2015–2021. – URL: <https://voltiq.ru/shop/vibration-motor-3v-8mm/> (дата обращения: 26.04.2021). – Текст: электронный.
73. Модуль вибромотора: сайт. – Москва, 2015–2021. – URL: <https://voltiq.ru/shop/pwm-vibration-motor-module/> (дата обращения: 26.04.2021). – Текст: электронный.
74. Учебник STM32 – описание, программирование, отличие от Arduino: сайт. – Москва, 2017–2019. – URL: <https://arduinomaster.ru/stm32/stm32-mikrokontroller-dlya-nachinayushhih-posle-arduino/> (дата обращения: 26.04.2021). – Текст: электронный.
75. STM32 Nucleo F401RE: сайт. – Москва, 2010–2021. – URL: <https://amperka.ru/product/stm32-nucleo-f401re> (дата обращения: 28.04.2021). – Текст: электронный.
76. Данченко Д. Г. Использование отладочной платы STM32F7 Discovery для макетирования микропроцессорных устройств // Молодой ученый. – 2017. – №. 51. – С. 37-42.

77. RS–15–5, Блок питания, 5В, 3А, 15Вт: сайт. – Москва, 2006–2021. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/rs-15-5> (дата обращения: 01.05.2021). – Текст: электронный.

78. HF35W–SE–12, источник питания AC–DC 12В, 35Вт 98.5×82×35 (аналог NES–35–12): сайт. – Москва, 2006–2021. – URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8856352972> (дата обращения: 01.05.2021). – Текст: электронный.

79. HF65W–DSM–A, источник питания AC–DC 5/12В, 65Вт 129×98×40 (аналог RD–65–12): сайт. – Москва, 2006–2021. – URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8216446265> (дата обращения: 01.05.2021). – Текст: электронный.

80. LM1084IT–5.0/NOPB, Регулятор положительного напряжения с низким падением напряжения, 5А, 5В, [ТО-220]: сайт. – Москва, 2006–2021. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/lm1084it-5.0-nopb> (дата обращения: 01.05.2021). – Текст: электронный.

81. LM1085IT–5.0/NOPB, Регулятор с фиксируемым положительным напряжением 5В, 3А, низким падением напряжения, [ТО-220]: сайт. – Москва, 2006–2021. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/lm1085it-5.0-nopb> (дата обращения: 01.05.2021). – Текст: электронный.

82. Nompage – Handbook: сайт. – 2021. – URL: <https://os.mbed.com/handbook/Nompage> (дата обращения: 01.05.2021). – Текст: электронный.

83. Виртуальные аттракционы: сайт. – Москва, 2020–2021. – URL: <http://funin.ru/> (дата обращения: 21.05.2021). – Текст: электронный.

84. АО «Вымпел» – производство аттракционов и симуляторов VR: сайт. – Москва, 2021. – URL: <http://kb-tk.ru/> (дата обращения: 21.05.2021). – Текст: электронный.

85. Guangzhou Movie Power Electronic Technology Co., Ltd: сайт. – URL: <http://www.vrmoviepower.com/> (дата обращения: 21.05.2021). – Текст: электронный.

86. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон N477-ФЗ: [принят Государственной Думой 22 декабря 2020 года]. – Москва, 2020. – ISBN 2–100052–97022–6.

87. ГОСТ 12.2.032–78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979–01–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения 25.05.2021). – Текст: электронный

88. ГОСТ 12.0.003–2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017–03–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения 25.05.2021). – Текст: электронный

89. СанПиН 1.2.3685–21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: дата введения 2021–03–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения 25.05.2021). – Текст: электронный

90. ГОСТ 12.1.003–2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности: дата введения 2015–11–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения 25.05.2021). – Текст: электронный

91. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95\*: дата введения 2017–05–08. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 27.05.2021). – Текст: электронный

92. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: дата введения 2013–01–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053> (дата обращения 27.05.2021). – Текст: электронный

93. ГОСТ Р 55710–2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений: дата введения 2014–07–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707> (дата обращения 27.05.2021). – Текст: электронный

94. ГОСТ 12.1.003–2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание): дата введения 2015–11–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения 27.05.2021). – Текст: электронный

95. ГОСТ 12.4.011–89. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация: дата введения 1990–07–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000277> (дата обращения 27.05.2021). – Текст: электронный

96. ГОСТ Р 50571.4.44–2019 (МЭК 60364–4–44:2007). Защита для обеспечения безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений: дата введения 2019–06–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200163803> (дата обращения 27.05.2021). – Текст: электронный

97. ГОСТ Р 50571.3–2009 (МЭК 60364–4–41:2005). Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током: дата введения 2011–01–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200082275> (дата обращения 28.05.2021). – Текст: электронный

98. ГОСТ Р 55102–2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутисодержащих устройств и приборов: дата введения 2013–07–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104723> (дата обращения 28.05.2021). – Текст: электронный

99. ГОСТ Р 55090–2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги: дата введения 2014–01–01. –

- URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103182> (дата обращения 28.05.2021). – Текст: электронный
100. ГОСТ Р 22.0.02–2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий: дата введения 2017–01–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139176> (дата обращения 01.06.2021). – Текст: электронный
101. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон N123–ФЗ: [принят Государственной Думой 22 июля 2008 года]. – Москва, 2008. – 114 с.
102. СП 484.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования: дата введения 2021–03–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения 01.06.2021). – Текст: электронный
103. НПБ 104–03 Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях: дата введения 2003–06–30. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901866573> (дата обращения 01.06.2021). – Текст: электронный
104. СП 6.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности: дата введения 2013–02–21. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100259> (дата обращения 01.06.2021). – Текст: электронный
105. DIY Arduino RC Transmitter: сайт. – 2019. – URL: <https://howtomechatronics.com/projects/diy-arduino-rc-transmitter/> (дата обращения: 05.06.2021). – Текст: электронный.
106. 402-018 Подшипник 625ZZ 5x16x5 HAMMER: сайт. – Москва, 2002–2021. – URL: <https://tomsk.220-volt.ru/catalog-13566/> (дата обращения: 25.04.2021). – Текст: электронный.

107. WB–170 Макетная плата: сайт. – Москва, 2006–2021. – URL: <https://www.chipdip.ru/product1/8001452279> (дата обращения: 25.04.2021). – Текст: электронный.

108. NUCLEO–F401RE / Mbed: сайт. – 2021. – URL: <https://os.mbed.com/platforms/ST-Nucleo-F401RE/> (дата обращения: 25.04.2021). – Текст: электронный.

**Приложение А**  
**(обязательное)**

Таблица А.1 – Список компонентов макета авиатренажёра

Наименование	Марка, размер		Количество	
	Исп.1	Исп.2		
Подшипники шариковые радиальные [106]	625ZZ, 5×16×5 мм		17	
Сервоприводы постоянного вращения и элементы крепления [52]	DS04–NFC, 40×20×40 мм		2	
Драйвер	PCA9685 [63]	Multiservo Shield [62]	1	
Источник питания	AC–DC 5/12В, 65Вт HF65W–DSM–A [79]	AC–DC 12В, 35Вт HF35W–SE–12 [78]	1	
Кабель USB А – Mini USB (для программирования NUCLEO–F401RE)	1,5 м		1	
Двухосевой джойстик PS2 [68]	KY–023		1	
Плата макетная беспаячная [107]	WB–170		1	
Шлейф с разъемами МАМА–МАМА	BBJ–FF–20cm		6	
Шлейф с разъемами ПАПА–ПАПА	BBJ–MM–20cm		2	
Шлейф с разъемами ПАПА–МАМА	BBJ–MF–20cm		6	
Отладочная плата NUCLEO-F401RE [108]			1	
Модуль вибромотора с поддержкой ШИМ [73]			1	
Регулятор с фиксируемым положительным напряжением 5В, 3А, низким падением напряжения [81]	–	LM1085IT–5.0	0	1



## Приложение Б (обязательное)

### Модели макета авиатренажёра

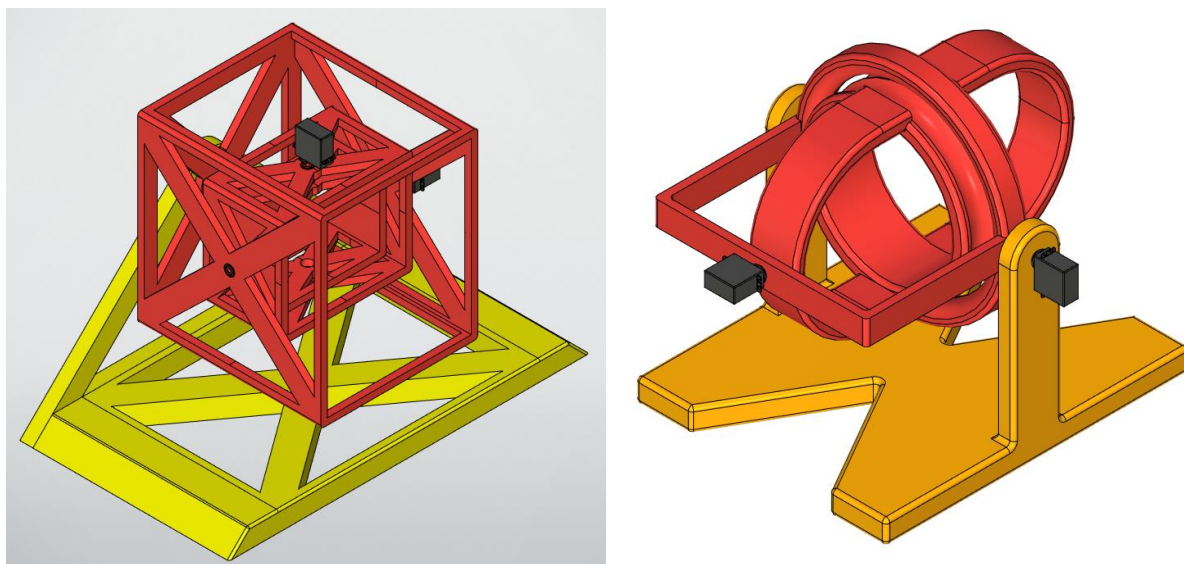


Рисунок Б.1 – Первоначальные модели макета авиатренажёра в T-FLEX CAD

(вид 1)

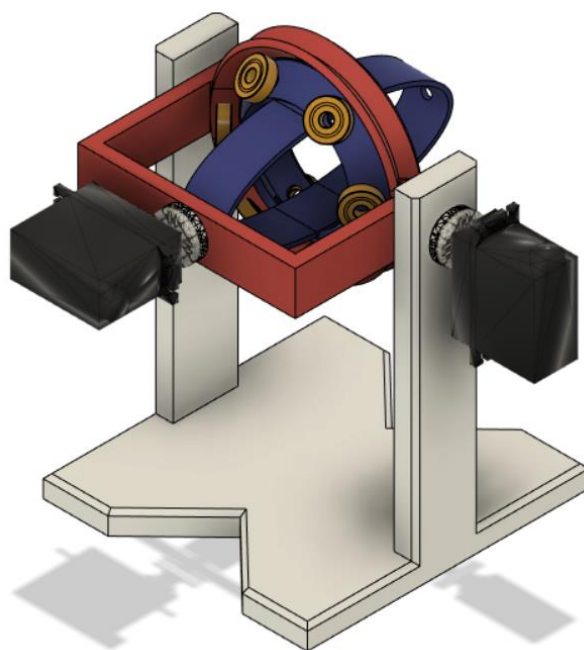


Рисунок Б.2 – Выбранная модель макета авиатренажёра в Fusion 360 (вид 1)

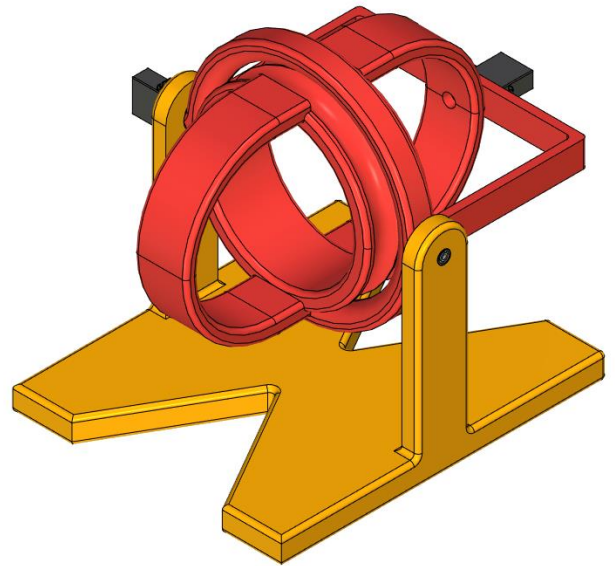
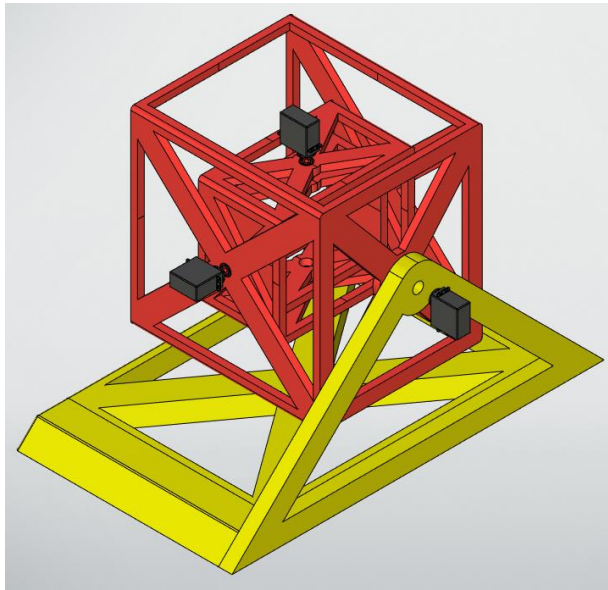


Рисунок Б.3 – Первоначальные модели макета авиатренажёра в T-FLEX CAD  
(вид 2)

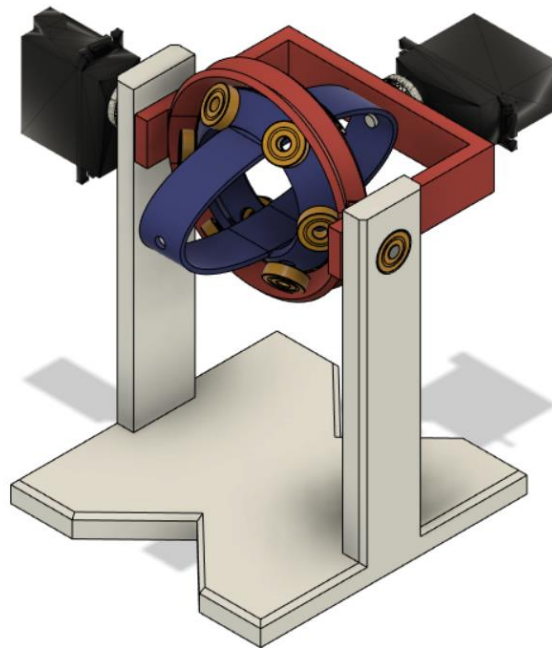


Рисунок Б.4 – Выбранная модель макета авиатренажёра в Fusion 360 (вид 2)

## Приложение В (обязательное)

### Схемы подключения компонентов

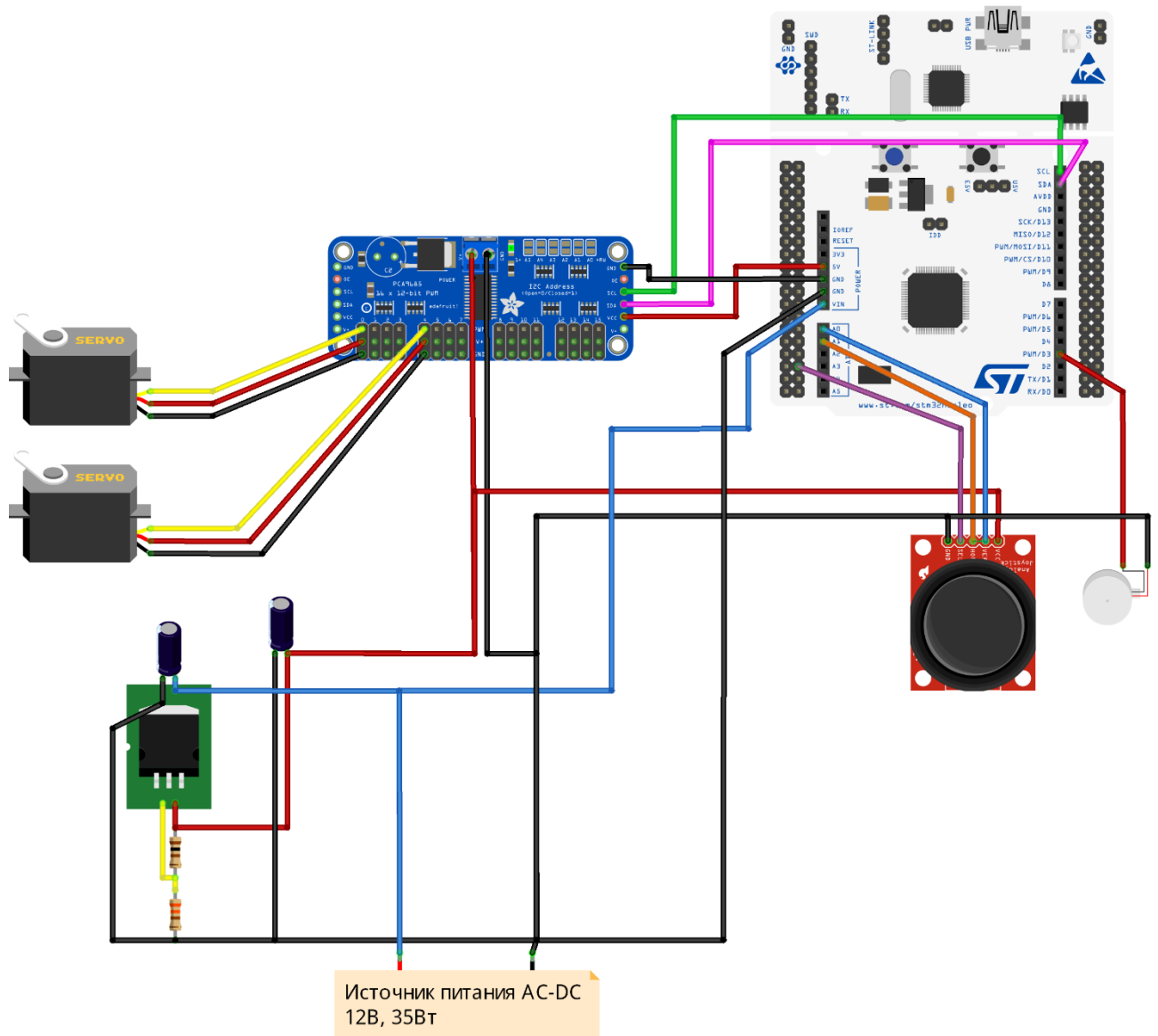


Рисунок В.1 – Схема подключения компонентов №1

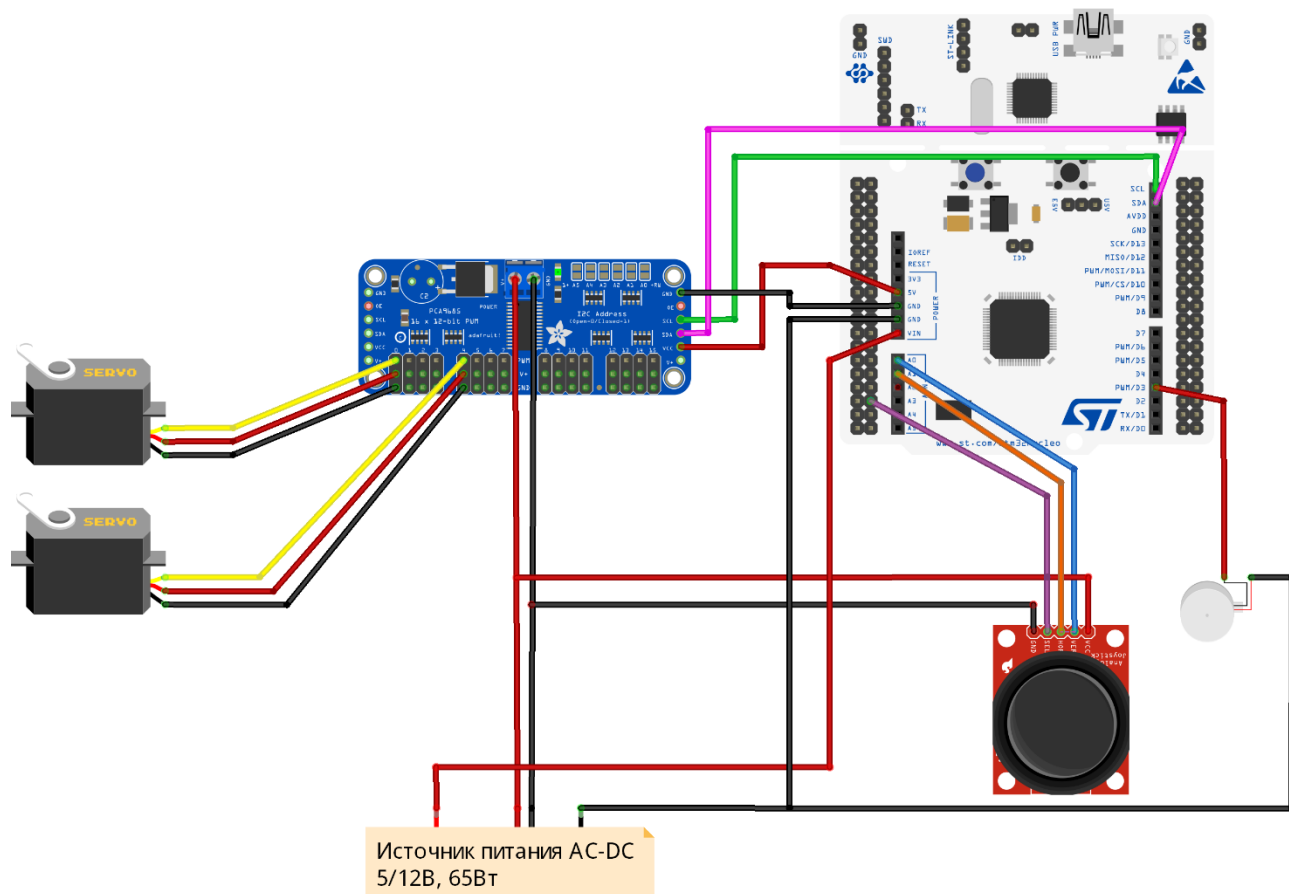


Рисунок В.2 – Схема подключения компонентов №2

## Приложение Г (обязательное)

### Программный код

```
#include"PCA9685.h"
#include"mbed.h"

AnalogIn Xin (PA_0); // URx
AnalogIn Yin (PA_1); // URy
DigitalIn KEYin (PB_0, PullUp); // SW

bool btnState, btnFlag;

Serial pc (USBTX, USBRX);
PCA9685 pwm (D14, D15);

DigitalOut led (LED1);
DigitalOut Vibro (D3);

int x, y; // глобальные переменные для хранения значений
Ticker joystick; // повторяющееся прерывание для получения
данных джойстика
void joystick_Int_Handler()
{
x = Xin.read () * 1023; // float (0 - 1) to int (0 - 1023)
y = Yin.read () * 1023;
btnState = !KEYin; // читаем состояние кнопки с инверсией 1 - нажата,
0 - нет
if (btnState && !btnFlag) // если нажата и была отпущена (btnFlag 0) и
прошло не менее DEBOUNCE времени
{
btnFlag = true; // запомнили, что нажата
pc.printf ("press\n\r");
led = !led;
Vibro = !Vibro;
}
if (!btnState && btnFlag) // если отпущена и была нажата (btnFlag 1)
{
btnFlag = false; // запомнили что отпущена
pc.printf ("release\n\r");
}
}
```

```

void setServoPulse (uint8_t n, float pulse)
{
pwm.setPWM(n, 0, pulse);
}

void initServoDriver()
{
pwm.begin();
pwm.setPrescale(121);
pwm.frequencyI2C(400000); // 100 – 400 кГц
}

int main ()
{
pc.baud(9600);
pc.printf ("Hello World\n\r");

joystick.attach (joystick_Int_Handler,0.2); // прерывание, вызов
каждые 0.2 сек.

while (1)
{
pc.printf("X=%3d, Y=%3d\n\r", x, y);

initServoDriver();
// Почасовой мощность серво (305 - 380)
// Против часовой мощность серво (205 - 280)
// Стоп серво (280-305)
if (y < 730)
{
if (y < 370)
{
setServoPulse (4, 343); // Ось Y Почасовой на 50% всей мощности = 343
pc.printf ("PULSE4 = %d \n\r", 343);
}
else
{
if (y < 185)
{
setServoPulse (4, 380); // Ось Y Почасовой на всю мощность = 380
pc.printf ("PULSE4 = %d \n\r", 380);
}
else

```

```

{
setServoPulse (4, 324); // Ось Y Почасовой на 25% всей мощности = 324
pc.printf ("PULSE4 = %d \n\r", 324);
}
}
else
{
if (y > 770)
{
if (y > 892)
{
setServoPulse (4, 243); // Ось Y Против часовой на 50% всей
мощности = 243
pc.printf ("PULSE4 = %d \n\r", 243);
}
else
{
if (y > 957)
{
setServoPulse (4, 205); // Ось Y Против часовой на всю мощность = 205
pc.printf ("PULSE4 = %d \n\r", 205);
}
else
{
setServoPulse (4, 261); // Ось Y Против часовой на 25% всей
мощности 261
pc.printf ("PULSE4 = %d \n\r", 261);
}
}
}
else
{
if (x < 760)
{
if (x < 385)
{
setServoPulse (0, 343); // Ось X Почасовой на 50% всей мощности = 343
pc.printf ("PULSE0 = %d \n\r", 343);
}
else
{
if (x < 193)
{

```

```

setServoPulse (0, 380); // Ось X Почасовой на всю мощность = 380
pc.printf ("PULSE0 = %d \n\r", 380);
}
else
{
setServoPulse (0, 324); // Ось X Почасовой на 25% всей мощности = 324
pc.printf ("PULSE0 = %d \n\r", 324);
}
}
}
else
{
if (x > 800)
{
if (x > 907)
{
setServoPulse (0, 243); // Ось Y Против часовой на 50% всей
мощность 243
pc.printf ("PULSE0 = %d \n\r", 243);
}
else
{
if (x > 964)
{
setServoPulse (0, 205); // Ось Y Против часовой на всю мощность 205
pc.printf ("PULSE0 = %d \n\r", 205);
}
}
else
{
setServoPulse (0, 261); // Ось Y Против часовой на 25% всей
мощности 261
pc.printf ("PULSE0 = %d \n\r", 261);
}
}
}
}
else
{
setServoPulse(0, 290); // Ось Y стоп = 290
pc.printf ("PULSE0 = %d \n\r", 290);
setServoPulse(4, 290); // Ось X стоп = 290
pc.printf ("PULSE4 = %d \n\r", 290);
}
}}}
}}

```



**Приложение Д  
(обязательное)**

**Спецификация ФЮРА.334216.037 СП**

**Приложение Е  
(обязательное)**

**Схема электрическая принципиальная ФЮРА.334216.037 ЭЗ**

**Приложение Ж  
(обязательное)**

**Перечень элементов ФЮРА.334216.037.018 ПЭЗ**

**Приложение И  
(обязательное)**

**Сборочный чертеж ФЮРА.334216.037 СБ**

## Приложение К (обязательное)

Таблица К.1 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоемкость работ			Исполнители	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	Т <sub>к</sub> , кал. дн.
		t <sub>min</sub> , чел–дн.	t <sub>max</sub> , чел–дн.	t <sub>ож</sub> , чел–дн.		Исп.1 и 2	Исп.1 и 2
		Исп.1 и 2	Исп.1 и 2	Исп.1 и 2			
1	Составление технического задания	5	14	8,6	Р	2,15	3
		5	14	8,6	С	2,15	3
		5	14	8,6	К <sub>1</sub>	2,15	3
		5	14	8,6	К <sub>2</sub>	2,15	3
2	Выбор направления исследований	2	5	3,2	Р	1,6	2
		2	7	4	С	2	3
3	Подбор и изучение материалов	10	18	13,2	Р	6,6	10
		15	23	18,2	С	9,1	14
4	Патентный обзор литературы	7	14	9,8	С	9,8	15
5	Календарное планирование работ	2	7	4	Р	2	3
		2	7	4	С	2	3
6	Построение электрической схемы	15	20	17	Р	8,5	13
		20	30	24	С	12	18
7	Подбор компонентов	5	10	7	Р	3,5	5
		5	15	9	С	4,5	7
8	Написание программного кода устройства	30	45	36	С	36	53
9	Моделирование корпуса устройства	20	35	26	С	26	39
10	Построение макетов и проведение экспериментов	20	35	26	Р	13	19
		20	35	26	С	13	19
11	Оценка эффективности результатов	3	7	4,6	Р	2,3	3
		5	10	7	С	3,5	5

Продолжение таблица К.1

№	Название работ	Трудоемкость работ			Исполнители	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	Т <sub>к</sub> , кал. дн.
		t <sub>min</sub> , чел-дн.	t <sub>max</sub> , чел-дн.	t <sub>ож</sub> , чел-дн.			
		Исп.1 и 2	Исп.1 и 2	Исп.1 и 2		Исп.1 и 2	Исп.1 и 2
12	Определение целесообразности проведения ВКР	5	7	5,8	Р	2,9	4
		5	7	5,8	С	2,9	4
13	Оценка эффективности производства и применения разработки	7	14	9,8	С	4,9	7
		7	14	9,8	К <sub>1</sub>	4,9	7
14	Разработка СО	7	14	9,8	С	4,9	7
		7	14	9,8	К <sub>2</sub>	4,9	7
15	Составление пояснительной записки	15	20	17	С	17	25
Итого							222

Р – руководитель; С – студент; К<sub>1</sub> – консультант по экономической части; К<sub>2</sub> – консультант по социальной ответственности.



