

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 30 г. Пензы

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ

на тему: «Беспилотный дирижабль»

Выполнила: Филатова Елизавета Павловна,
ученица 10 «А» класса

Руководитель проекта: Тростянская Юлия
Геннадьевна, учитель физики

г. Пенза, 2025 г.

Содержание.

ВВЕДЕНИЕ	3
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	5
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	9
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	16
ПРИЛОЖЕНИЯ	17

ВВЕДЕНИЕ

Проблема: Современные детские проекты в области авиастроения часто ограничиваются простыми моделями самолетов и вертолетов, не уделяя должного внимания альтернативным средствам передвижения, таким как дирижабли. Беспилотные дирижабли обладают рядом преимуществ перед традиционными воздушными судами, включая большую грузоподъемность, экономичность и экологичность. Однако создание полноценного рабочего прототипа требует решения ряда технических проблем, таких как обеспечение устойчивости полета, разработка системы управления полетом и выбор оптимального материала оболочки. Как создать эффективный детский проект беспилотного дирижабля, способного продемонстрировать основные преимущества такого типа воздушного судна?

Актуальность проекта "беспилотный дирижабль" обусловлена несколькими важными факторами:

1. Образовательная ценность проекта способствует развитию интереса к науке и технике, позволяя освоить основы аэродинамики, физики, материаловедения и программирования.

2. Практическая значимость Дирижабли представляют собой перспективное направление развития авиации благодаря своей энергоэффективности, экологической чистоте и способности перевозить большие грузы на дальние расстояния.

3. Социальная ответственность Развитие технологий экологически чистого транспорта помогает снизить выбросы углекислого газа и уменьшить нагрузку на окружающую среду. Проектирование беспилотных дирижаблей соответствует современным тенденциям устойчивого развития и помогает формировать ответственное отношение к природе у молодого поколения.

Таким образом, реализация проекта "беспилотный дирижабль" важна не только с образовательной точки зрения, но также имеет значительный потенциал для внедрения инновационных решений в реальную жизнь и способствует формированию устойчивого будущего

Цель: Разработка и создание многофункционального модульного автономного беспилотного дирижабля.

Задачи:

1. Изучать исторический аспект дирижаблестроения;
2. Изучить теоретические вопросы конструкции и использования различных материалов для дирижаблей;
3. Разработать конструкцию устройства, позволяющую в кратчайшие сроки и с минимальной трудоёмкостью исследовать и наблюдать окружающий мир;
4. Обеспечить минимальную стоимость устройства и его эксплуатации;
5. Подобрать материалы и комплектующие обеспечивающие быструю замену и восстановление работоспособностью.

Объектом является сам процесс создания устройства, включающий этапы планирования, выбора материалов, сборки конструкции, программирования управляющей электроники и испытаний готового изделия.

Предмет исследования сосредоточен непосредственно на характеристиках самого дирижабля, таких как конструкция корпуса, система навигации, устойчивость полёта, грузоподъёмность и безопасность эксплуатации.

Гипотеза: Создание рабочей модели беспилотного дирижабля, который будет соответствовать заявленным характеристикам, при затратах минимальных средств

Проект "беспилотный дирижабль" обладает **новизной** по нескольким направлениям:

Применение современных технологий: Использование автономных систем управления, новейших материалов и компактных источников энергии позволяет создать уникальную конструкцию, отличающуюся от традиционных моделей. Педагогический аспект: Проект ориентирован на развитие творческих способностей и инженерного мышления у детей и подростков, что обеспечивает новый подход к обучению и воспитанию. Экологическая составляющая: Дирижабли являются одним из наиболее экологически чистых видов транспорта, поэтому работа над созданием беспилотного аппарата актуальна в условиях борьбы с глобальным изменением климата.

Реализация проекта имеет высокую **практическую значимость**:

Образовательная польза: Учащиеся приобретают знания и навыки, востребованные в современной экономике, что повышает их шансы на успешную карьеру в будущем. Научно-техническое развитие: Полученные в ходе работы данные могут использоваться для дальнейшего совершенствования конструкций беспилотных дирижаблей и повышения эффективности их эксплуатации. Социальный эффект: Участие в проекте формирует позитивное отношение к научным исследованиям и инновациям, привлекая внимание общественности к проблемам экологии и рационального использования ресурсов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Дирижабль.

Дирижабль—воздушное судно легче воздуха, управляемый аэростат. В отличие от аэростатов или воздушных шаров, дирижабли оснащены средствами управления и движения — двигателями (паровыми, электрическими или внутреннего сгорания) и воздушными винтами.

Плюсы/минусы дирижаблей

Плюсы:

1. Высокая мобильность и оперативность:

- Быстрое развертывание и перемещение в труднодоступных районах.
- Возможность работать в местах, где наземная инфраструктура отсутствует или ограничена.

2. Экологичность:

- Низкий уровень выбросов CO₂ и меньшее воздействие на окружающую среду по сравнению с авиацией и автотранспортом.

3. Длительное пребывание в воздухе:

- Могут оставаться в воздухе продолжительное время для патрулирования, наблюдения или связи.

4. Большая грузоподъемность:

- Способность перевозить крупные, тяжелые грузы, строительные материалы или оборудование.

5. Многофункциональность:

- Использование для телекоммуникаций, энергетики, мониторинга, спасательных операций и др.

6. Меньшие затраты на эксплуатацию:

- По сравнению с самолетами или вертолетами, эксплуатационные расходы ниже.

Минусы:

1. Медленная скорость:

- Более низкая скорость перемещения по сравнению с самолетами и вертолетами.

2. Зависимость от погоды:

- Уязвимость к сильному ветру, грозе, неблагоприятным метеоусловиям, что может ограничивать использование.

3. Ограниченная маневренность:

- Меньшая точность и управляемость по сравнению с традиционными летательными аппаратами.

4. Высокие начальные затраты:

- Стоимость разработки, производства и запуска достаточно высока, особенно для крупных или специализированных моделей.

5. Ограничения по безопасности и эксплуатации:

- Требуются специализированные навыки пилотов и техническое обслуживание.

6. Энергозависимость:

- Требуются источники энергии для подъема, удержания и управления, что может затруднить автономную работу без постоянного обслуживания.

2. Беспилотник.

Беспилотник — это летательный аппарат, функционирующий без пилота на борту. Управляется дистанционно или автономно с помощью встроенных систем и программного обеспечения. БПЛА используются в различных сферах: военной, гражданской, коммерческой, научной и гуманитарной.

Плюсы/минусы беспилотников

Плюсы:

1. **Высокая маневренность и доступ к труднодоступным зонам:** Могут выполнять задачи в опасных или трудных для человека условиях.
2. **Низкие эксплуатационные расходы:** Меньше затрат на топливо и обслуживание по сравнению с традиционной техникой.
3. **Быстрое получение информации:** Могут оперативно проводить съемку, мониторинг и сбор данных.
4. **Высокоточное выполнение задач:** Автоматизация помогает достигать высокой точности в картографировании, разведке и других сферах
5. **Широкий спектр применения:** Используются в агросекторе, строительстве, охране, медицине и др
6. **Безопасность для человека:** Выполняют опасные задания, минимизируя риск для операторов.

Минусы:

1. **Зависимость от погоды:** Ветер, дождь, снег могут мешать выполнению задач или повреждать аппараты.
2. **Ограниченное время полета:** Обычно беспилотники работают ограниченное время из-за аккумуляторов или топлива.
3. **Правовые и нормативные ограничения:** В разных странах существуют строгие правила, регулирующие использование беспилотных аппаратов
4. **Риски защиты данных и конфиденциальности:** Возможность использования для неправомерных целей или нарушения частной жизни.
5. **Высокая стоимость некоторых моделей:** Особенно профессиональных спутниковых или специализированных беспилотников.
6. **Технические уязвимости:** Возможность сбоя систем, взлома или потери контроля

3. Идея разработки беспилотного дирижабля.

Современная проблема.

1. Потерявшийся турист в Хибинах — январь 2023 г.

Место и дата: Хибинские горы, Мурманская область, январь 2023

Краткое содержание: Молодой турист отправился в поход в заснеженные Хибины. Из-за плохих погодных условий и снегопада его тело было обнаружено спустя несколько дней. Спасатели не смогли подъехать сразу из-за лавиноопасности и снежных заносов.

2. Потерявшийся в Тайге Красноярского края — февраль 2023 г.

Место и дата: Таймырский полуостров, Красноярский край, февраль 2023
Краткое содержание: Группа охотников или туристов заблудилась в суровых условиях сибирской тайги. После сильного снегопада искать было сложно, и тела нескольких участников были найдены только через неделю. Другие так и не были найдены.

3. Заблудившийся лыжник в Карелии — февраль 2023 г.

Место и дата: Карелия, февраль 2023

Краткое содержание: Лыжник потерялся во время лыжного похода по лыжным трассам. Из-за метели и ограниченной мобильной связи помощь пришла только через несколько дней. Он был найден в живом состоянии, но сильно истощённым и переохлаждённым

4. Потерявшийся в Кавказских горах — июль 2023 г.

Место и дата: Кавказ, июль 2023

Краткое содержание: Туристическая группа потерялась в горных ущельях, столкнулась с лавиноопасными условиями. Спасатели не могли быстро добраться из-за снежных заносов, и пострадавшие были найдены только спустя несколько дней.

5. Группа туристов, застрявшая в Саянских горах — август 2023 г.

Место и дата: Саяны, август 2023

Краткое содержание: Во время похода группа натолкнулась на лавиноопасную зону. Из-за сложного рельефа и снежных заносов помощь могла подъехать только через несколько дней. Некоторые участники получили травмы и переохлаждение.

6. Потерявшаяся семья в лесах Ленинградской области — сентябрь 2023 г.

Место и дата: Ленинградская область, сентябрь 2023

Краткое содержание: Родители с детьми потерялись в лесу. Спасатели искали их несколько дней. Детей нашли в живых, взрослым понадобилась медицинская помощь.

7. Пограничники обнаружили человека, застрявшего в Уральских горах — октябрь 2023 г.

Место и дата: Уральские горы, октябрь 2023

Краткое содержание: Человек заблудился во время похода, был найден замёрзшим и голодным после долгих поисков. Причиной задержки было отсутствие связи и труднодоступность местности.

8. Потерявшийся охотник в Еврейской автономной области — декабрь 2023 г.

Место и дата: Еврейская автономная область, декабрь 2023

Краткое содержание: Во время охоты человек заблудился в лесу при сильном снегопаде. Его нашли через несколько дней, уже мёртвым из-за переохлаждения.

Таким образом, современная проблема заключается в том, что основные причины неудачных спасательных операций и гибели людей в труднодоступных условиях включают:

1. Сложный рельеф и природные препятствия:

- горы, ледники, лавины, болотистые зоны затрудняли доступ спасателей.

2. Непогода и лавиноопасность:

- метели, снегопады, низкая видимость и лавины мешали своевременному реагированию.

3. Зимние условия и переохлаждение:

- низкие температуры, снег и мороз быстро приводили к переохлаждению и смерти.

4. Ограниченные ресурсы и техника:

- иногда спасатели не могли подъехать или пройти из-за снежных заносов и разрушенной инфраструктуры.

5. Отсутствие или слабая связь:

- труднодоступность местности и плохая мобильная связь затрудняли поиск и координацию.

6. Недостаточная подготовка или потеря ориентировки:

- некоторые участники заблудились, не подготовившись к суровым условиям, что привело к трагедиям.

Общий вывод: большинство случаев связано с сильными природными препятствиями, ограниченностью возможностей спасательных служб и недостаточной подготовленностью потерявшихся к экстремальным условиям.

Беспилотный дирижабль включает в себя:

- Квадрокоптер (БПЛА)
- Камера (установленная на БПЛА)
- Шар
- Сетка (установленная на шаре)
- Бокс (с полезной нагрузкой)
- Баллоны (с газом легче воздуха)
- Клапанный узел (включающий в себя маленький клапан, электропневмо клапан, плато Ардуино, коробку для платы и аккумулятора)

Плюсы беспилотного дирижабля.

Характеристики	Дирижабль	Беспилотник	Беспилотный дирижабль
Манёвренность и скорость	Низкая скорость и ограниченная манёвренность	Высокая манёвренность быстрый подъём и снижение	Из-за наличия самого беспилотного летательного аппарата в составе обладает высокой манёвренностью и скоростью
Долговечность и время полёта	Длительное время полёта до 2 суток	Ограниченное время полёта из-за топлива	Из-за шара, наполненного легким газом (например, гелием), в составе способен переносить длительные полёты, не нуждаясь в топливе
Дальность и высота полёта	Может достигать больших высот	Ограничен по дальности и высоте в зависимости от конструкции	Из-за использования подъёмных сил (подъёмная сила газа) может достигать большой высоты и зависать в воздухе на большое кол-во времени
Объём и грузоподъёмность	Способен перевозить большие грузы	Ограничен по размеру и грузу	Благодаря использованию конструкций дирижабля, способен перевозить большие грузы
Работа в экстремальных условиях	Подвержен влиянию ветровой нагрузки	Может быть ограничен при сильном ветре, плохой видимости	Благодаря большой площади оболочки лучше распределяет ветровую нагрузку, что способствует работе в экстремальных условиях
Безопасность и риски	Большой риск крушения	Меньший риск крушений	Из-за основы беспилотника в составе риск крушения уменьшается

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4. Описание продукта

В ходе нашего проекта была создана трёхмерная модель беспилотного дирижабля, в реальную величину. Конструкция приведена в Приложении 1 (рисунок 1).

Также мы разработали таблицу «Описание деталей Беспилотного дирижабля» (Приложение 2, таблица 1).

В неё входят наименование и характеристика каждой детали. Характеристика включает в себя материал, наличие наполнителя, размеры, вес, количество и цена. Размеры приводятся в миллиметрах, сантиметрах, метрах, вес – в граммах, цена в рублях. В конце таблицы можно видеть, что итоговый вес всей конструкции составляет 808,4 грамма без учёта массы баллона, наполненного газом. Стоимость комплектующих составляет 19 773 рубля, без учёта стоимости газа.

Для более точного и правильного расчёта нужного радиуса шара, уже наполненного газом, при определённой массе полезной нагрузки (груз), мы создали формулу, позволяющую сделать данный расчёт.

В расчёте мы использовали плотность водорода (газа, который будет наполнять шар) и плотность воздуха. Однако при изменении высоты полёта и времени года, плотность воздуха меняется. Мы составили таблицу, где рассматриваются плотности воздуха летом и зимой, при высоте 0 километров, 2 километра, 4 километра ((Приложение 2, таблица 2).

Источником информации для создания формулы вычисления радиуса шара при наличии массы и обратной формулы послужил сборник Виктора Семеновича Рожкова «Авиамодельный кружок»; Издательство «Просвещение» 1986г.

Изначально, исходя из формулы R (радиуса шара):

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}$$

И зная, формулу нахождения объёма, через плотность воздуха и массу груза:

$$V = \frac{5,11 + 10m_{\text{груза}}}{10\rho_{\text{воздуха}} - 0,9}$$

Получим искомую формулу нахождения радиуса шара через массу полезной нагрузки:

$$R = \sqrt[3]{\frac{0,24(5,11 + 10m_{\text{груза}})}{10\rho_{\text{воздуха}} - 0,9}}$$

Теперь составим формулу нахождения нужной массы полезной нагрузки при определённом радиусе. Получим:

$$m_{\text{груза}} = 0,4186R^3(\rho_{\text{воздуха}} - 0,09) - 0,511$$

Именно, используя две эти формулы можно точно посчитать, при какой массе, зная радиус, или при каком радиусе, зная массу, Беспилотный дирижабль сможет взлететь в воздух.

Расчеты на конкретных примерах Приведены в Таблице 3 Приложения 2.

Для более наглядного представления зависимости массы груза от радиуса шара, мы взяли несколько значений радиуса в промежутке $[0;1]$ метров и подставили их в формулу вычисления массы полезной нагрузки.

Полученные значения мы представили в виде графика, при построении графиком оказалась ветвь параболы, возрастающая (Приложение 2, таблица 4).

5. Разработка компоновочной схемы дирижабля

В качестве отправной точки для проектирования дирижабля выбрали представленный в продаже на маркет-плейсе беспилотный летательный аппарат (БПЛА) квадрокоптерного типа L200 Pro SE и воздушный шар увеличенного размера, выполненный из плотного латекса (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Составные части беспилотного дирижабля

Так как аэростат (воздушный шар) должен иметь постоянную связь с БПЛА, то было принято решение использовать для этого сетку. Методика проектирования сетки на аэростат позаимствована из порядка изготовления строп парашюта с самопуском [1]. В качестве материала для сетки был закуплен эластичный шнур (рисунок 5.2), так как диаметр аэростата при эксплуатации будет изменяться и зависеть от массы полезной нагрузки.



Рисунок 5.2 – Материал для изготовления сетки на аэростат

Для размещения полезной нагрузки было принято решение об изготовлении короба, подвешиваемого к БПЛА с помощью двух – четырех нейлоновых хомутов.

Наполнение аэростата газом, его надежное запираение внутри латексной оболочки и аварийный выпуск было решено осуществлять с помощью специально разработанного клапанного узла (Приложение 1 рисунок 4), совмещенного в одном корпусе с электронной начинкой, взятой из конструктора «Arduino».

Заполнение внутреннего объема газом и надежное его запираение будет обеспечивать воздушный кран. Для этих целей были закуплены маленький электрический пневмоклапан и мини-кран (рисунок 5.3). Использование всех элементов небольшого размера обусловлено снижением массы всей конструкции, что положительно влияет на увеличение грузоподъемности.

Функция электронной начинки клапанного узла заключается в автоматическом определении высоты полета беспилотного дирижабля и, в случае ее неконтролируемого увеличения (после «сброса» полезной нагрузки и снижения общей массы всей конструкции), – обеспечение выпуска части газа в атмосферу за счет открытия электрического пневмоклапана.



Рисунок 5.3 – Элементы клапанного узла

Следствием этого станет уменьшение объема аэростата, а, следовательно, уменьшение силы Архимеда. Это приведет к возможности постепенного снижения летательного аппарата при возвращении в точку запуска.

Схема соединения элементов электронной начинки клапанного узла представлена на рисунке приведена на Рисунке 2 Приложения 1.

Высота полета беспилотного дирижабля определяется в автоматическом режиме с помощью барометра (датчика атмосферного давления). Данные с барометра поступают на микроконтроллер платы Arduino nano, где с помощью специально написанной программы сравниваются с заданным значением, которое соответствует давлению атмосферного воздуха на «критической» высоте полета. В случае достижения беспилотным дирижаблем «критической» высоты система подает управляющий сигнал на транзистор, который открывает электрический пневмоклапан. В результате происходит выпуск газа из аэростата в атмосферу. Питание всех элементов осуществляется от источника питания напряжением 12 В. При этом наличие разъема Type-C позволяет задавать значение «критической» высоты полета беспилотного дирижабля оператором непосредственно перед его запуском.

Основные характеристики используемых элементов представлены в таблице № 5 Приложения 2.

Для формирования облика разрабатываемого дирижабля, а также для проектирования корпуса клапанного узла и транспортного контейнера проводили трехмерное моделирование. Основной задачей моделирования являлось создание твердотельной модели по имеющимся размерам.

Для построения твердотельной модели использовали систему гибридного параметрического моделирования SolidWorks.

SolidWorks – пакет прикладных программ, который предназначен для проектирования деталей и сборок в трёхмерном пространстве с возможностью проведения различных видов экспресс-анализа, а также оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД.

При выборе координатных осей остановились на прямоугольной декартовой системе координат (рисунок 5.4). В ней положение точки определяются тремя линейными координатами x , y , z .

Элементы компоновочной схемы моделировали в соответствии с геометрическими размерами, взятыми с натуральных образцов в декартовой системе координат (рисунок 5.4) по

нижеприведенному алгоритму. Рассмотрим разработку трехмерной твердотельной модели на примере создания модели аэростата.

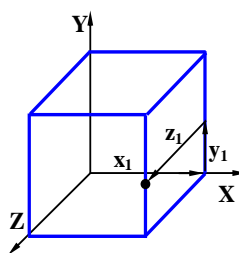
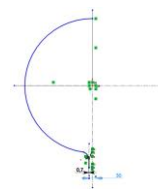


Рисунок 5.4 – Определение координат точки в прямоугольной системе координат

1. Выбрав плоскость XOY (рисунок 5.5,а) задавали координаты точек, необходимых для построения полупрофиля шара (аэростата) для его вращения относительно оси симметрии. Точки соединяли линиями (рисунок 5.5,б).



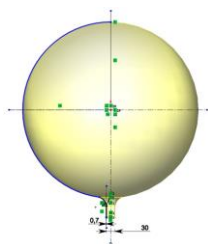
а)



б)

Рисунок 5.5 – Построение контура полупрофиля шара

2. Полученный контур, с помощью инструмента «Повернутая бобышка / основание» вращали относительно оси симметрии (рисунок 5.6, а), в результате получали объем (рисунок 6.6, б)



а)



б)

Рисунок 5.6 – Построение геометрической модели аэростата

3. Аналогичным образом производили построение элементов квадрокоптера (Приложение 1 рисунок 3, а,б,в), элементов клапанного узла Приложение 1 рисунок 3, г,д,е), сетки (Приложение 1 рисунок 3, ж) и транспортного контейнера под полезную нагрузку (Приложение 1 рисунок 3 з).

4. Полученные модели элементов собирали поэтапно в сборки (Приложение 1 рисунок 5, а - г).

В результате проведенных операций получили твердотельную модель, которая по своим массово-габаритным параметрам идентична реальной компоновочной схеме разрабатываемого беспилотного дирижабля.

6. Натурные испытания

Испытания модели проводились в закрытом помещении в четыре этапа. Перед началом испытаний была осуществлена подготовка – оболочка шара заполнена гелием и соединена с квадрокоптера через стыковочный узел (фото 1-4).

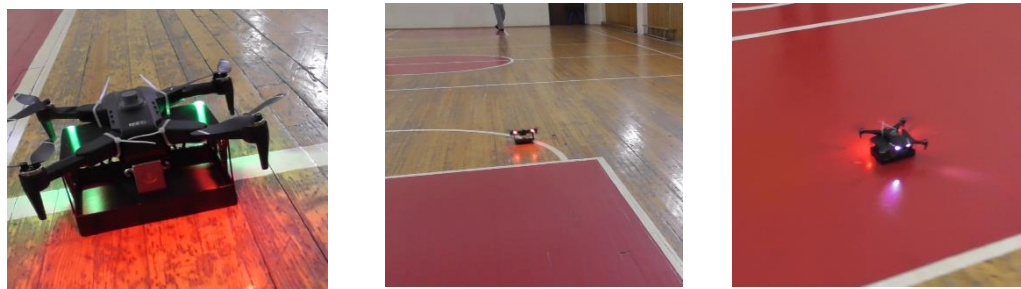


На первом этапе испытаний проводилась проверка управляемости модели (взлет, маневрирование, изменение высоты движения, посадка). По сравнению с традиционными квадрокоптерами модель продемонстрировала лучшую управляемость, за счет увеличения инерции вследствие больших габаритов конструкции (фото 5-8).

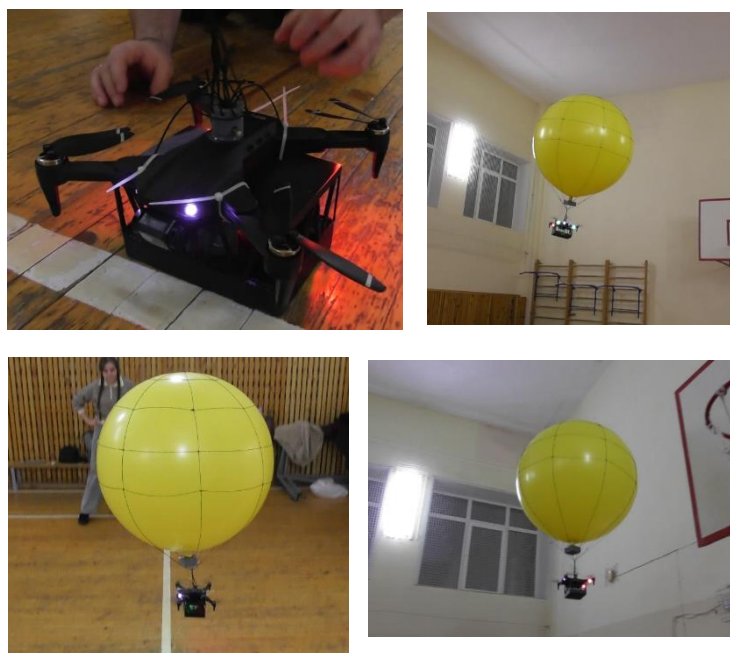


На втором этапе испытаний проверялось влияние на лётные характеристики квадрокоптера размещенной в грузовом отсеке полезной нагрузки. В качестве тестового груза был взят металлический куб массой 100 г.

При проведении испытаний было зафиксировано существенное ухудшение лётных характеристик квадрокоптера. Несмотря на то, что беспилотный аппарат перемещался, он не смог оторваться от земли (фото 9-11).



На третьем этапе испытаний к стыковочному узлу квадрокоптера был присоединен полимерный шар, наполненный гелием, объемом 500 л. Это резко повысило лётные характеристики модели и её грузоподъемность.



Модель без труда осуществила взлет и подъем на высоту около 3 метров. При этом высота подъема не являлась предельной, а была искусственно ограничена оператором, осуществлявшим управление моделью. После этого модель пролетела тестовое расстояние – 18 метров, существенно не отклоняясь от направления движения и успешно приземлилась (фото 12-15).

Четвертым этапом испытаний проверялись скоростные характеристики модели и влияние на них размещённой полезной нагрузки.

Модель проходила расстояние в 18 метров с замером времени секундомером. Результаты измерений отражены в таблице.

Наличие груза	С шаром		Без шара	
	Время	Скорость	Время	Скорость
Без груза	13 сек.	1,38 м/с	7 сек.	2,5 м/с
С грузом (100 г.)	17 сек.	1,05 м/с	7 сек.	2,5 м/с

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами была сконструирована и теоретически обоснована модель комбинированного беспилотного летательного аппарата – грузовой платформы, сочетающего в себе преимущества дирижабля и квадрокоптера.

В теоретической части работы исследованы исторический аспект развития дирижаблей и беспилотных летательных аппаратов, направления их практического применения в современном мире, сильные и слабые стороны данных типов летательных аппаратов. Проанализирована обоснованность идеи разработки комбинированного беспилотного летательного аппарата – дирижабля-квадрокоптера, создана и описана его конструкция.

Практическая часть работы включает в себя расчеты радиуса оболочки шара, описание компоновочной схемы аппарата, а также трехмерные модели отдельных его элементов, созданные с использованием пакета программ SolidWorks. В числе прочего нами был разработан дистанционно управляемый клапанный узел оригинальной конструкции, позволяющий осуществлять быстрый сброс газа в случае необходимости резкого снижения высоты или экстренной посадки.

В процессе лётных испытаний модель продемонстрировала хорошую управляемость, более плавную по сравнению с традиционными квадрокоптерами за счет увеличения габаритов конструкции, способность поднимать и перевозить грузы на заданное расстояние, удовлетворительные скоростные качества.

При проведении испытаний все элементы конструкции подтвердили свою надежность и заданные эксплуатационные характеристики.

Результатом реализации проекта стала разработка и изготовление действующего образца грузовой платформы на основе комбинированного беспилотного летательного аппарата – дирижабля-квадрокоптера, обладающего повышенной грузоподъемностью и автономностью полёта, по сравнению с традиционными винтовыми моделями БПЛА.

Применение данного аппарата, с учетом его характеристик, возможно при реализации широкого круга задач, в частности при проведении поисково-спасательных операций. Доступность материалов, низкая стоимость изготовления, использование элементов, широко освоенных в промышленном производстве, позволяют организовать его производство с минимальными финансовыми и трудовыми затратами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рожков, В.С. Авиамодельный кружок: Пособие для руководителей кружков [Текст]. –2-е изд., перераб.– М.: Просвещение, 1986.–144 с.
2. Дузь П. Д. История воздухоплавания и авиации в России (период до 1914 г.). — Москва, 1981. 272 с.
3. Почему не взлетели дирижабли? Часть 1: от монгольфьера к бомбардировщику для Бородино [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/973342>. Дата обращения 28.12.2025.
4. Титаны поднебесья: как начался и почему быстро закончился недолгий век дирижаблей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.vokrugsveta.ru/vs/article/183>. Дата обращения 02.01.2026.
5. Смогут ли дирижабли вновь завоевать небо? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6135a3a89a7947010e474d55>. Дата обращения 02.01.2026.
6. Ханжин Д.А. Беспилотные летательные аппараты: основы конструкции и управления. Учебное пособие. – М.: Русское слово, 2025.– 256 с.
7. Беспилотные летательные аппараты. От устройства до выбора профессии. 10-11 классы. Учебное пособие. – М.: Русское слово, 2025.– 222 с.
8. Наседкин, А. В. Конечно-элементное моделирование на основе ANSYS [Текст] / А. В. Наседкин. – Ростов н/Д: Изд-во Ростов. гос. ун-та, 1998. – 80 с.
9. Тищенко, Д.Е. Электропривод реактивных систем залпового огня: Учебное пособие [Текст]. – Изд-во МО СССР, 1984. – 116 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

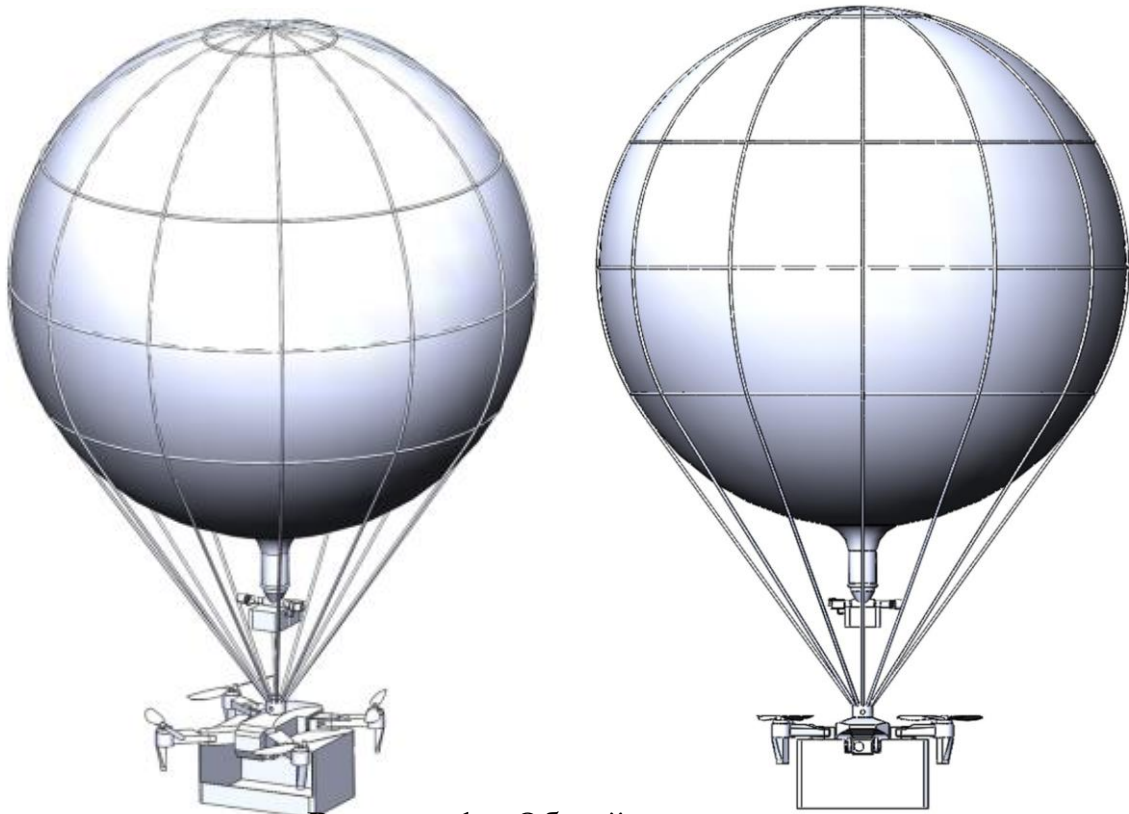


Рисунок 1 – Общий вид конструкции

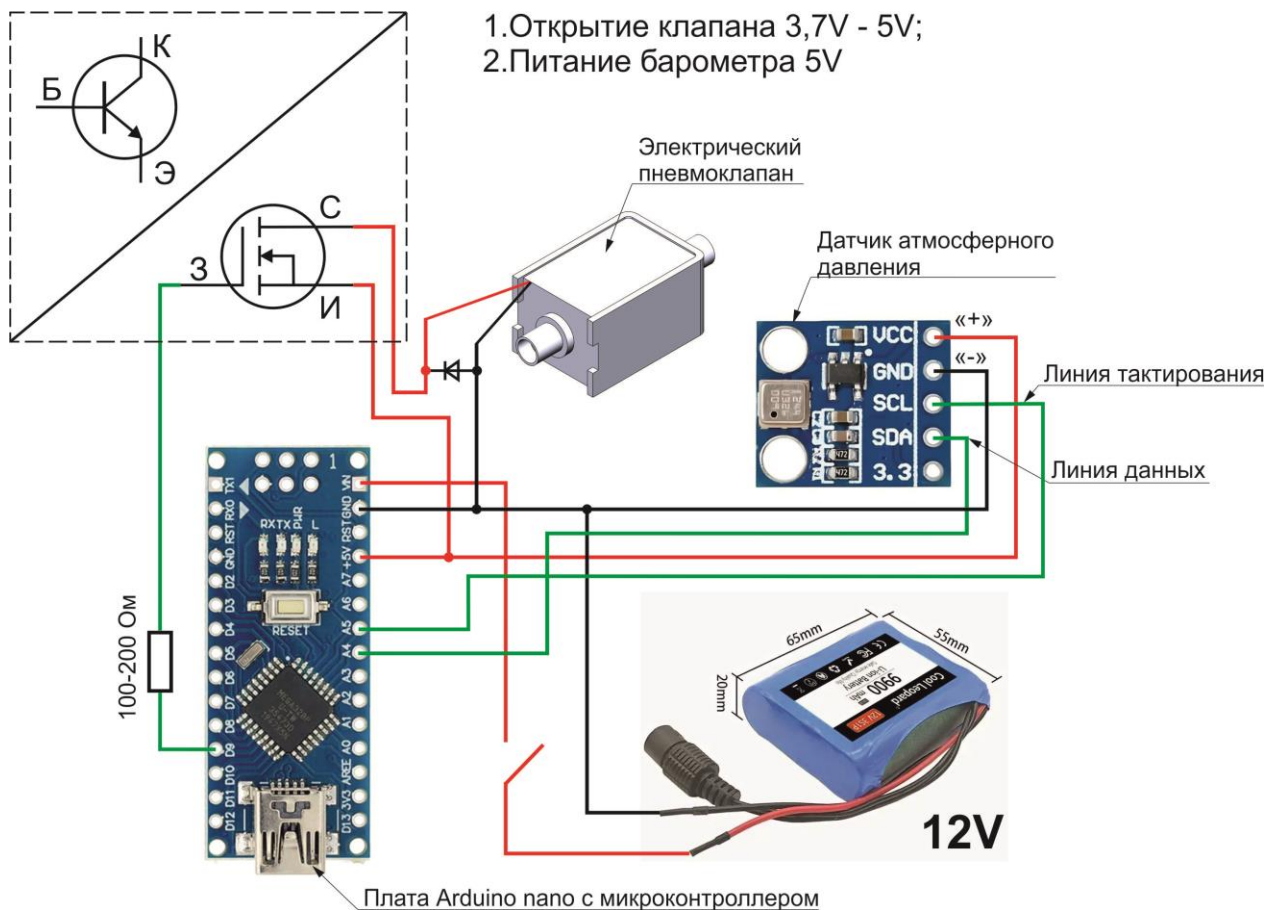


Рисунок 2 – Схема соединения элементов электронной начинки клапанного узла

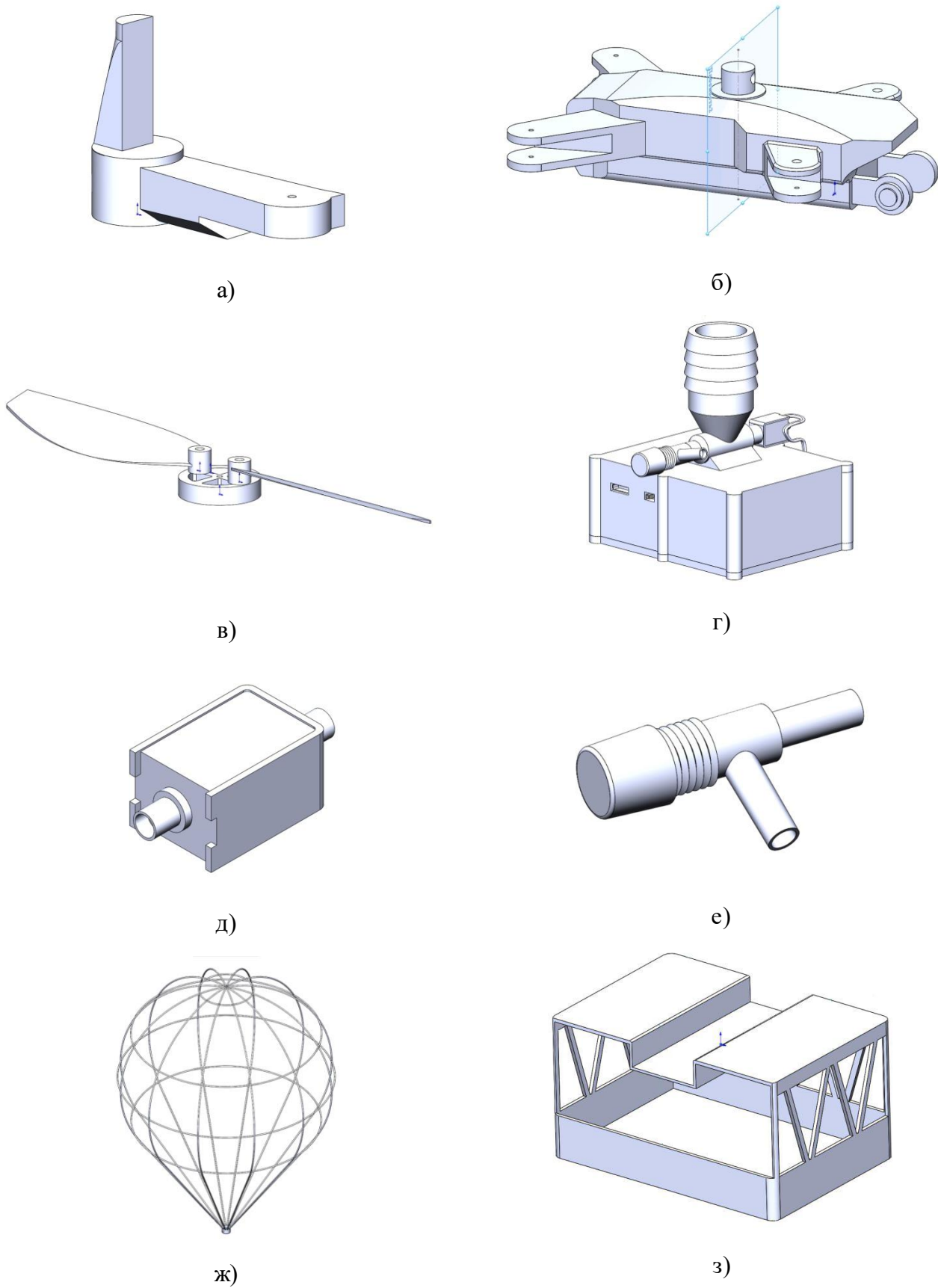


Рисунок 3 – Построение твердых моделей элементов конструкции

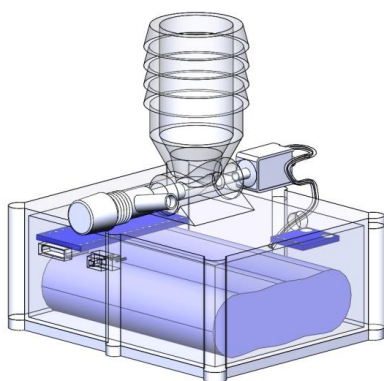
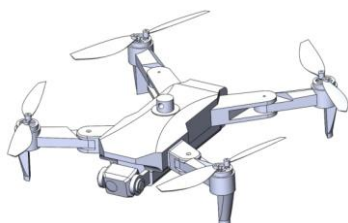
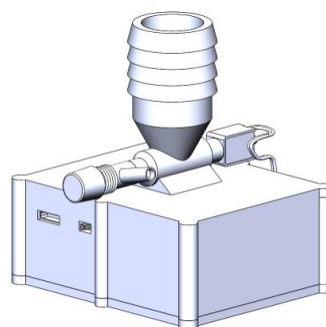


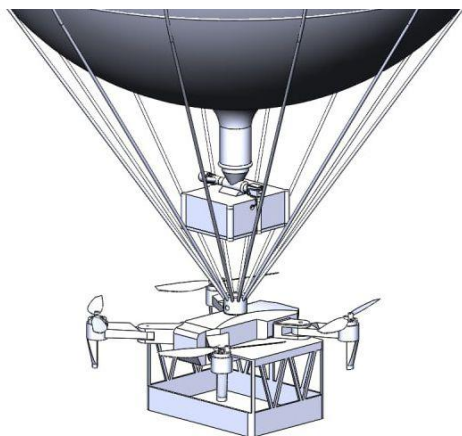
Рисунок 4 – Модель и реальный образец клапанного узла



а)



б)



в)



г)

Рисунок 5 – Поэтапная сборка элементов беспилотного дирижабля

Приложение 2

Название детали	Материал	Наполнитель	Размеры	Вес г.	Кол-во	Цена
Шар (оболочка)	Резина	Н ₂ или He	r≤0,25м r≤0,5 м	80,00	1	250,00 Р
Квадрокоптер	Пластик	-	29*29*5,5 см	220,40	1	15 800,00 Р
Сетка	Резина	-	r≤0,25м r≤0,5 м	55,00	1	200,00 Р
Бокс	Пластик	Полезная нагрузка	25*20*16 см	281,00	1	320,00 Р
Стяжки	Нейлон	-	200*2,5 мм	18,00	4	25,00 Р
Баллон	Сталь	Н ₂ или He	4 л	2900,00	1	2 300,00 Р
Мини-кран	Пластик	-	40*4,6*5 мм	20,00	1	221,00 Р
Электропневмо клапан	Пластик	-	10,4*15*8,4 мм	32,00	1	147,00 Р
Плата Ардуино	Пластик	-	85*55*9 мм	32,00	1	170,00 Р
Аккумулятор	-	-	30*30*5 мм	10,00	1	200,00 Р
Коробка	Пластик	Аккумулятор и плата Ардуино	170*120*30 мм	60,00	1	140,00 Р
				808,40		19 773,00 Р

Таблица 1 – Описание деталей Беспилотного дирижабля

Плотность воздуха		
Высота, км	Лето	Зима
0	1,224	1,288
2	0,995	1,025
4	0,808	0,827
Выбранное значение:	1,224	

Таблица 2 – Изменение плотности воздуха в зависимости от высоты

		m	масса груза			
		R	радиус шара			
m	1,00			Дано:	R	1,000
R	0,68			Найти:	m	4,43
R	0,68384				m	4,42984

		m	масса груза			
		R	радиус шара			
m	1,00			Дано:	R	1,000
R	0,68			Найти:	m	4,43
					m	4,42984
$=(0,24*(5,11+C5*10)/(10*Лист1!D9-0,9))^(1/3)$						

		m	масса груза			
		R	радиус шара			
m	1,00			Дано:	R	1,000
R	0,68			Найти:	m	4,43
R	0,68384					
$=4,357*(J5^3)*(Лист1!D9-0,09)-0,511$						

Таблица 3 – Изменение плотности воздуха в зависимости от высоты

R	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
m	-0,5110	-0,5061	-0,4715	-0,3776	-0,1948	0,1066	0,5562	1,1837	2,0187	3,0908	4,4298

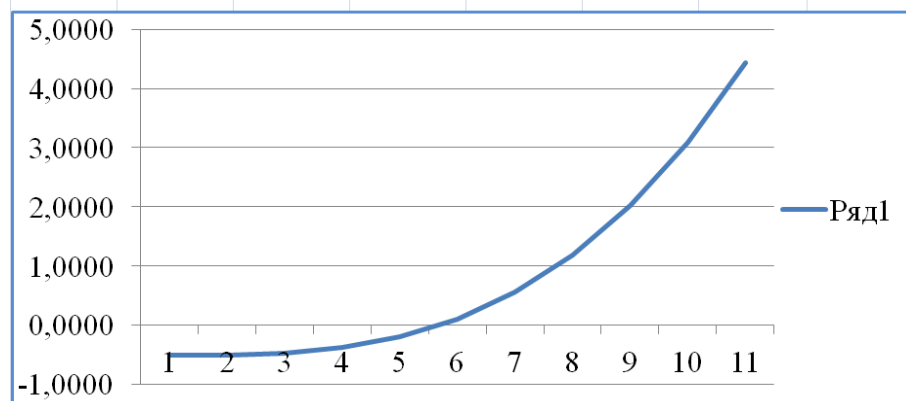


Таблица 4 – Зависимость массы полезной нагрузки от радиуса шара

№ п/п	Наименование составной части	Марка, материал	Параметры	Масса, гр.	Стоимость, руб.
1.	Квадрокоптер	L900 Pro SE	290×290×55 мм	220,4	8119,00
2.	Воздушный шар	Латекс	R = 0,3...0,5 мм	35	114,00
3.	Шнур эластичный	Резина	d = 1,0 мм l = 20 м	10	300,00
4.	Электропневмоклапан	Метал Пластик	15×10,4×8,4 мм	5	231,00
4.	Мини-кран	Пластик	40×25×12 мм	4	148,00
5.	Корпус клапанного узла с крышкой	Пластик	85×27×91 мм	81	3D печать 300,00
6.	Плата Arduino nano с микроконтроллером	Метал Пластик	43×18×8 мм	7	426,00
7.	Плата барометра (датчика атмосферного давления)	Метал Пластик	14,6×13×8 мм	3	126,00
8.	Переключатель	Метал Пластик	12×10×7 мм	2	80,00
9.	Аккумулятор 12 В	Металл	65×55×30 мм	145	607,00
10.	Контейнер для груза	Пластик	104×148×80 мм	108	3D печать 150,00
11.	Газ (аэростат R = 0,5 м)	Гелий	V = 0,524 м ³	94,2	413,96
Общая масса конструкции без газа:				714,6	11014,96

Таблица 5 – Характеристика используемых элементов

**Рецензия
на проект
«Беспилотный дирижабль»
учащейся МБОУ СОШ № 30 г. Пензы,
Филатовой Елизаветы Павловны**

Интенсивное развитие беспилотных летательных средств, в последние годы сделало их неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Наземные роботы-доставщики, перевозки грузов беспилотными квадрокоптерами больше не являются сюжетом фантастического фильма о будущем.

В линии развития воздушных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) преобладают винтовые аппараты, повышение грузоподъёмности которых достигается за счет увеличения количества винтов и общих размеров конструкции. Примером такого решения стали гексакоптеры.

Вместе с тем БПЛА винтовой схемы всё же имеют ограничения по грузоподъёмности и продолжительности полёта. Поэтому актуальным является поиск новых нестандартных инженерных решений, которые позволили бы компенсировать имеющиеся недостатки винтовой схемы.

Представленный проект предлагает такое решение в форме комбинированного беспилотного летательного аппарата – дирижабля-квадрокоптера.

Содержание полностью соответствует заявленной теме. Работа включает в себя введение, теоретическую и практическую части, заключение, список используемой литературы.

Во введении ученица четко определяет актуальность темы исследования, а также грамотно характеризует научный аппарат: цель, задачи, и сроки выполнения исследовательской работы.

В теоретической части работы автором определён терминологический аппарат, используемый в исследовании, раскрыт исторический аспект развития дирижаблей и БПЛА, охарактеризованы сферы их применения, сильные и слабые стороны конструкций.

Практическая часть содержит описание конструкции модели и процесса её создания, расчёт объема оболочки и массы полезной нагрузки, оценку стоимости изготовления аппарата.

В заключении проведена оценка результатов лётных испытаний и применимости предложенной модели комбинированного беспилотного летательного аппарата.

Автором проделан большой объём теоретической и опытной работы.

Исследовательская работа имеет несомненную практическую значимость, поскольку в ходе неё была создана оригинальная конструкция БПЛА.

Выводы подтверждают практическую значимость самой исследовательской работы, работа завершена логично.

Исследовательская работа соответствует требованиям, демонстрирует глубокое понимание автором освещаемой темы.

Рецензент

Учитель МБОУ СОШ № 30 г. Пензы

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized, cursive script that is difficult to decipher but appears to be the name of the reviewer.

Тамбовцева Ю.Г.