

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени И.С. ТУРГЕНЕВА»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника
направленность (профиль) Медицинская робототехника и мехатроника


Студента Романова Владислава Владимировича

шифр 185311

Факультет (институт) Политехнический институт имени Н.Н. Поликарпова

Тема выпускной квалификационной работы
«Беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из
труднодоступных мест»

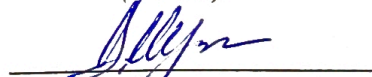
Студент



(подпись)

В.В. Романов


Руководитель



(подпись)

Д.В. Шутин.


Нормоконтроль



(подпись)

А.В. СЫТИН

Зав. кафедрой



(подпись)

Р.Н. Поляков

Орёл, 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени И.С. ТУРГЕНЕВА»

Факультет (институт) Политехнический институт имени Н.Н. Поликарпова

Кафедра мехатроники, механики и робототехники

Направление подготовки (специальность) 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль) Медицинская робототехника и мехатроника

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 Р.Н. Поляков

(подпись)

«30» октября 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

студента гр. 81-МХ-м Романова Владислава Владимировича шифр 185311

1. Наименование темы: Беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из труднодоступных мест.

Утверждена приказом по университету № 2-3303 от «30» октября 2019 г.

2. Срок сдачи студентом законченной работы «17» июня 2020 г.

3. Исходные данные к работе:

Требуется разработать беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из труднодоступных мест на базе мультикоптера.

Разработанное устройство должно соответствовать следующим требованиям:

Характеристики беспилотного летательного аппарата:

1. Нахождение в воздухе – более 30 минут
2. Дальность полета – более 2 км
3. Высота полета – до 2 км
4. Грузоподъемность – более 2000 Н
5. Элемент питания – аккумуляторы / двигатель внутреннего сгорания

Габариты эвакуационной капсулы:

1. Длина – не менее 2000 мм
2. Ширина – не менее 900 мм
3. Высота – не менее 700 мм

4. Содержание расчётно-пояснительной записки:

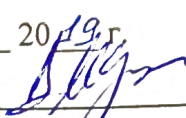
1. Аналитический раздел
 2. Проектно-конструкторский раздел
 3. Моделирование системы управления летательным аппаратом
 4. Программа распознавания объектов
- Список литературы
Приложения

5. Перечень графического материала:

1. Сборочный чертеж беспилотного летательного аппарата для эвакуации людей. (А1)
2. Рабочие чертежи деталей (А1)
3. Структурно-функциональная схема (А1)
4. Схема электрическая принципиальная (А1)
5. Результаты моделирования (А1)

Дата выдачи задания «30» октября 2019 г.

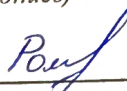
Научный руководитель ВКР



(подпись)

(Д.В. Шутин)

Задание принял к исполнению



(подпись)

(В.В. Романов)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов работы	Примечание
1	Анализ проблемы. Постановка задачи. Обзор литературы	30.11.2019	
2	Патентный поиск. Отчет по аналитическому разделу	30.12.2019	
3	Разработка структурно-функциональной схемы. Подбор комплектующих	16.03.2020	
4	Проектировочные и проверочные расчеты.	31.03.2020	
5	Разработка математической модели	17.04.2020	
6	Сборочный чертеж устройства. Рабочие чертежи	30.05.2020	
7	Формирование пояснительной записки.	15.06.2020	
8	Сбор рецензий и подписей	26.06.2020	

Студент



(подпись)

(В.В. Романов)

Научный руководитель ВКР



(подпись)

(Д.В. Шутин)

АННОТАЦИЯ

Беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из труднодоступных мест

2020 г.

Работу выполнил студент Романов В.В.

Руководитель выпускной квалификационной работы Шутин Д.В.

Своевременно оказанная медицинская помощь имеет решающее значение для сохранения здоровья, жизни и ее качества пострадавшему. Периодически во время чрезвычайных ситуаций на дорогах возникают проблемы, не дающие машинам скорой помощи вовремя приехать и увезти пострадавших. В свою очередь использование вертолетов не всегда доступно в некрупных городах, чтобы использовать их в составе чрезвычайных служб. Помимо этого, иногда случаются инциденты при экспедиционных, туристических путешествиях людей по экстремальным маршрутам (высокогорье, близлежащие к водопадам зоны). В таких случаях одним из вариантов спасения жизни может быть использование специализированного беспилотного летательного аппарата (БПЛА), который благодаря габаритным размерам и специальному оснащению может в полуавтоматическом режиме зафиксировать и доставить пострадавшего на более комфортную площадку для пересадки в специальное транспортное средство, тем самым, спасая человеческую жизнь.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были выполнены следующие задачи:

– были рассмотрены различные источники, в результате чего было проанализировано существующее оборудование и подтверждена актуальность разрабатываемого устройства;

– произведены патентные исследования разработок в области грузовых беспилотных летательных аппаратов, в частности БПЛА для помощи в эвакуации или непосредственной эвакуации пострадавших людей;

- подобраны комплектующие и разработана схема их подключения;
- произведены проектировочные и проверочные расчеты.

Результатом являются геометрические параметры, разного рода нагрузки и напряжения; математическая модель и общий алгоритм работы беспилотного летательного аппарата для эвакуации людей из труднодоступных мест.

БПЛА для эвакуации пострадавших из труднодоступных мест может быть использован в медицинских учреждениях, в районах с потенциально опасными географическими зонами, подразделениях МЧС и в армейских подразделениях Российской Федерации.

По тематике выпускной квалификационной работы была написана 1 статья (Повышение энергоэффективности беспилотных летательных аппаратов за счет применения новых подходов в проектировании и изготовлении корпусных изделий), а также подана заявка №63240 на грант Умник. По родственной тематике была написана еще 1 статья (Разработка мехатронного дыхательного аппарата при реабилитации пациентов с нарушениями дыхательной функции), концепцию которой можно применить в разработке беспилотного летательного аппарата для эвакуации людей из труднодоступных мест.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был подготовлен графический материал, который отражает основные стадии разработки. Ниже перечислены названия листов с указанием их количества и форматов:

1. Беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из труднодоступных мест.

Сборочный чертеж 1 – А1.

2. Эвакуационная капсула.

Сборочный чертеж 1 – А1.

3. Детализовка 2 – А2, 1 – А4.






4. Схема электрическая принципиальная 1 – А1.

5. Схема структурно-функциональная 1 – А1.

6. Математическая модель 1 – А1.

Содержание

Введение	6
1 Аналитический раздел	9
1.1 Анализ видов беспилотных летательных аппаратов	9
1.2 Виды двигателей, используемых в беспилотных летательных аппаратах	11
1.3 Возможность применения композиционных материалов	15
1.4 Способы изготовления беспилотных летательных аппаратов	16
1.5 Существующие решения в области эвакуации людей	17
1.6 Задачи, решаемые для безопасного и автономного пилотирования	20
1.7 Патентный поиск	22
2 Проектно-конструкторский раздел	34
2.1 Структурно-функциональная схема	34
2.2 Подбор комплектующих для БПЛА	35
2.3 Подбор комплектующих для эвакуационной капсулы	39
2.4 Проверочный расчет болтовых соединений	46
2.5 Предварительная оценка стоимости конструкции	50
3 Математическая модель	51
3.1 Кинематические уравнения	52
3.2 Динамические уравнения	53
3.3 Модель для управления	56
4 Интеллектуальная программа распознавания объектов для беспилотного летательного аппарата	60

ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ								
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата	Расчетно-пояснительная записка	Лит	Лист	Листов
Разраб.		Романов		26.06				
Провер.		Щутин		26.06			4	79
Реценз.								
Н. Контр.		Сытин		26.06				
Утверд.		Поляков		26.06				
						ОГУ им. И.С. Тургенева г.р. 81МХ-м		

4.1 Постановка задачи	60
4.2 Программа для подготовки данных.....	61
4.3 Программа для обучения ИНС	66
4.4 Результаты обучения.....	69
4.5 Программа для тестирования ИНС.....	70
Заключение	75
Список использованных источников	77
Приложения	

Введение

Своевременно оказанная медицинская помощь имеет решающее значение для сохранения здоровья, жизни и ее качества пострадавшему. Периодически во время чрезвычайных ситуаций на дорогах возникают проблемы, не дающие машинам скорой помощи вовремя приехать и увезти пострадавших. В свою очередь использование вертолетов не всегда доступно в не крупных городах, чтобы использовать их в составе чрезвычайных служб. Помимо этого, иногда случаются инциденты при экспедиционных, туристических путешествиях людей по экстремальным маршрутам (высокогорье, близлежащие к водопадам зоны). В таких случаях одним из вариантов спасения жизни может быть использование специализированного беспилотного летательного аппарата, который благодаря габаритным размерам и специальному оснащению может в полуавтоматическом режиме зафиксировать и доставить пострадавшего на более комфортную площадку для пересадки в специальное транспортное средство, тем самым, спасая человеческую жизнь.

В настоящее время беспилотные воздушные судна могут выполнять различное множество задач: начиная от доставки продуктов или посылок и заканчивая эвакуацией пострадавших людей.

Беспилотные воздушные судна являются многофункциональными устройствами, но при обнаружении нескольких пострадавших возможно оказание помощи только в определенной последовательности. В медицине катастроф существует понятие «золотой час» – время, в течение которого оказанная пострадавшему первая медицинская помощь или оперативная доставка его в медицинское учреждение гарантирует ему максимальные шансы выжить и наименьший риск осложнений. Попадая в экстремальную ситуацию, человеческий организм моментально включает компенсаторные и защитные механизмы на максимальный уровень, для поддержания жизнедеятельности в течение часа. Потом происходит уменьшение тока крови в главных органах: сердце и мозге, и шансы на спасение стремятся к нулю.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

После получения травмы у пострадавшего есть 30 минут, чтобы ему оказали экстренную медицинскую помощь. По статистике осложнения возникают в 2 раза реже у лиц, которые вовремя получили медицинскую помощь. В случае, если произошла остановка дыхания, данное время сокращается до 5-10 минут. По данным Всемирной организации здравоохранения каждый двадцатый из ста погибших, в результате несчастных случаев в мирное время, мог быть спасен, при оказании ему экстренной медицинской помощи непосредственно на месте происшествия. Вовремя оказанная медицинская помощь позволяет гарантировать сохранение жизни и здоровья пострадавшим, снижая инвалидности и летальности.

Статистика некоторых чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера в Российской Федерации за 2016-2018 годы приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Статистика ЧС техногенного характера в Российской Федерации по годам

	Количество чрезвычайных происшествий			Погибло			Пострадало		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Железнодорожные аварии	7	11	4	0	3	0	11	36	0
ДТП с тяжелыми последствиями	1737 00	1694 32	1680 99	2030 8	1908 8	1821 4	2211 40	2153 74	2148 53
Обрушение производственных зданий, пород	2	5	2	38	8	0	52	20	333
Взрывы в жилых зданиях и сооружениях социально-культурного назначения	6	18	16	7	24	129	54	689	361

Использование беспилотных воздушных судн (БВС) целесообразно, т.к. напрямую доставить пострадавшего до мест госпитализации быстрее и может спасти жизни.

Проблема использования беспилотников в эвакуации людей заключается в том, что с увеличением массы целевой нагрузки изменяются следующие характеристики полета:

1. Возможность находиться в воздухе составляет 15-20 минут (увеличение массы целевой нагрузки на каждые 6 килограмм уменьшает время полета в 3 раза).

2. Дальность полета уменьшается до максимум 1,5 километра.

3. Высота полета уменьшается до 2 километров.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы требуется разработать беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из труднодоступных мест на базе мультикоптера, со следующими характеристиками:

1. Нахождение в воздухе более 30 минут – примерное время нахождения пострадавшего и его эвакуации в безопасное место.

2. Дальность полета более 2 км.

3. Высота полета до 2 км

4. Грузоподъемность более 2 кН – примерный вес мультикоптера со всей оснасткой и вес человека.

Габариты эвакуационной капсулы не менее 2000x900x700 мм – примерные габариты среднестатистического человека с необходимыми элементами для оказания элементарной медицинской помощи.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

1 Аналитический раздел

1.1 Анализ видов беспилотных летательных аппаратов

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) имеют широкую область применения. БПЛА является дистанционно управляемым летательным аппаратом, поэтому он отлично подходит для наблюдения и контроля зон, доступ к которым затруднен или опасен для человека. В настоящий момент большинство беспилотных воздушных средств обладают грузоподъемностью около 1 кг, но в перспективе рассчитывается с помощью дронов доставлять тяжелые грузы и даже эвакуировать людей. Классификация беспилотных летательных аппаратов представлена на рисунке 1.1 [5].



Рисунок 1.1 – Классификация беспилотных летательных аппаратов

Способ управления

Применяются следующие способы управления БПЛА:

1. Ручное управление – производится оператором в режиме реального времени;
2. Автоматизированное управление осуществляется автономно, с возможностью корректировки пути оператором. Предварительно вводятся

координаты точек требуемого маршрута, а текущее местоположение определяется навигацией.

3. Автоматический способ – управление осуществляется автопилотом, которому задается траектория, высота, скорость. Такое управление позволяет наиболее точно стабилизировать аппарат в воздухе.

Наиболее распространенным является способ, при котором оператор осуществляет управление беспилотным летательным аппаратом с земли или вносит изменения в готовом маршруте.

В беспилотном летательном аппарате для эвакуации людей из труднодоступных мест предпочтительно использование автоматизированного управления.

Тип конструкции

Существует два типа беспилотных летательных аппаратов: вращающегося и фиксированного крыла. Беспилотные летательные аппараты фиксированного крыла – это беспилотные самолеты, использующие прямой толчок, чтобы подняться в воздух. Им необходима относительно высокая пусковая скорость, чтобы получить подъемную силу. Поэтому такие аппараты не подходят для быстрого реагирования в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

Беспилотные летательные аппараты вращающегося крыла разделены еще на два типа: одновинтовой и многовинтовой (мультикоптер). По одновинтовым схемам создаются вертолеты. Такие аппараты используют несущий приводной винт, который обеспечивает подъемную силу, уравновешиваемую хвостовым рулевым винтом. Многовинтовые конструкции имеют более двух несущих винтов, которые позволяют управлять всеми формами движения.

Подходящим типом конструкции беспилотного летательного аппарата для эвакуации людей является мультикоптер с гибридным принципом создания подъемной силы: два винта для корректировки высоты и четыре винта для изменения направления движения.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

Для поиска пострадавших БПЛА должен быть оснащен системой технического зрения с двумя видами камер: обычной и инфракрасной. Обычная камера необходима для проверки местности и поиска в дневное время суток, а также для передачи информации об обстановке на территории и степени травмированности людей. Инфракрасная камера необходима для поиска пострадавших, находящихся под небольшими завалами, когда нет возможности отличить часть тела человека от находящихся рядом обломков.

Для перевозки людей разрабатываемый беспилотный летательный аппарат использует эвакуационную капсулу. Данная капсула позволяет зафиксировать пострадавшего и переправить его на более комфортную площадку для пересадки в специальное транспортное средство (вертолет или машина скорой помощи).

1.2 Виды двигателей, используемых в беспилотных летательных аппаратах

В большинстве беспилотных летательных аппаратах используются электрические двигатели. Но у электрических квадрокоптеров есть существенный недостаток – малое время полета. Даже модели профессионального уровня способны пробыть в воздухе лишь 30-40 минут. Дооснащение запасными (или более емкими) аккумуляторами приводит к заметному увеличению массы летательного аппарата и существенно уменьшает вес полезной нагрузки, которую он может нести.

Производители стараются максимально уменьшить вес беспилотников, используя облегченные материалы, но пока не существует технологий, способных существенно облегчить массу батарей. И чем больше ее емкость, тем значительнее становится вес.

Еще одним недостатком является стоимость аккумуляторов. Она достаточно высока (от 10000 рублей), при этом эксплуатационные качества батареи со временем ухудшаются. Аккумуляторные батареи не пригодны для использования

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

зимой, т.к. они быстро разряжаются и продолжительность полета заметно уменьшается.

Время, которое необходимо тратить на заряд аккумулятора так же сильно влияет на работу БВС. Если необходимо совершить многочасовой перелет, то запасных батарей не хватит, и придется делать перерывы на зарядку. К тому же, в удаленных районах электросети могут отсутствовать в принципе.

Основные недостатки беспилотной техники, использующей электродвигатели, связаны с аккумуляторами. Увеличение емкости батарей приводит к их утяжелению и увеличению размеров. В итоге получаем, что аккумуляторы:

1. Имеют высокую стоимость.
2. Плохо переносят минусовые температуры.
3. Не являются универсальными.
4. Требуют длительного времени на зарядку.
5. Аккумуляторы с большой емкостью обладают значительным весом и размерами.

Бензиновый квадрокоптер лишен значительной части минусов, присущих электрическим беспилотникам. Сам по себе ДВС стоит сравнительно недорого, особенно если речь идет о профессиональной технике. Работающие на бензине дроны можно быстро заправить и вновь отправлять в полет. Нет необходимости тратить немалые суммы на запасные аккумуляторы и постоянно их заряжать.

Такие беспилотник можно использовать при минусовых температурах без заметного ухудшения его эксплуатационных характеристик, т.к. бензин не замерзает зимой. Перед первым запуском двигатель необходимо прогревать. Надежность ДВС высока, и при должном обслуживании его хватит на многие и многие километры полетов.

Двигатель внутреннего сгорания заметно больше электродвигателя, следовательно, поместить его в квадрокоптер не получится. Помимо ДВС, на раму беспилотника необходимо установить топливную систему, систему зажигания, бензобак. Смысл такого усложнения конструкции заключается в том, что ДВС с

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

бензобаком оказывается сравнимым по стоимости по сравнению с аккумуляторами высокой емкости. Зачастую дешевле собрать квадрокоптер с бензиновым мотором, хорошей грузоподъемностью и автономностью, чем создать аналогичный по характеристикам беспилотник с электрической батареей. Мощность и дальность бензиновых квадрокоптеров позволяют использовать их для транспортировки тяжелых грузов на значительные расстояния.

Но есть и недостатки:

1. ДВС требует хотя бы элементарного обслуживания.
2. Конструкция беспилотника становится более сложной, а размеры двигателя не позволяют установить его на небольшую раму.
3. Шум, издаваемый бензиновым мотором, оказывается громче, по сравнению с электродвигателями. Присутствие двигателя на борту является источником дополнительных вибраций, что усложняет работу с камерой.

Так как в качестве топлива используется бензин, то возникают повышенные требования к технике безопасности. Недопустимо запускать бензиновый квадрокоптер в местах массового скопления людей. При падении аппарат может загореться и даже взорваться.

КПД бензинового мотора заметно ниже по сравнению с КПД электродвигателя, а выхлопные газы не позволяют использовать его внутри помещений (например, складов).

Для сравнения:

- КПД аккумулятора более 70%,
- КПД топливного элемента — около 45%,
- КПД двигателя внутреннего сгорания — около 40%.

Южнокорейские инженеры-технологи из компании MetaVista сконструировали топливный бак с высокой плотностью энергии. Беспилотник от MetaVista оснащен специальным водородным топливным баком (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Беспилотник с водородным топливным баком

Новая разработка, которая приходит в движение благодаря сжиженному водороду, помогла дрону пробыть в небе рекордные 10 часов 50 минут. Для сравнения: устройства, которые работают на литий-ионных батареях, в среднем проводят в воздухе около получаса.

Эксперты компании создали новую уникальную систему, которая значительно превышает характеристики литий-ионных батарей по энергоемкости и легкости. В первую очередь разработчики учли, что для беспилотников важно, сколько будет весить двигатель и элемент питания. Ведь даже несколько десятков или сотен грамм дают пропорциональное снижение полезной нагрузки. Технология, которую придумали корейские инженеры, позволяет существенно снизить массу дронов и увеличить их эффективность.

Топливный бак дрона представляет собой легкий и прочный контейнер, который предназначен для жидкого водорода. Корейские технологи наполнили его 390 граммами водорода в сжиженном виде (при общем объеме бака в шесть литров). Удельная энергоемкость при этом достигла 1865 Вт·ч на килограмм. Что касается характеристик литий-ионных батарей, они не превышают отметку в 200 Вт·ч на килограмм.

1.3 Возможность применения композиционных материалов

С увеличением спроса к новым моделям беспилотных аппаратов растет потребность в производстве новых материалов для ее изготовления. Композиционные материалы, из-за своих характеристик, получили особую популярность.

Сравнительные свойства различных конструкционных материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительные свойства конструкционных материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Модуль упругости, МПа
Органопластик	1300	2000	95000
Углепластик	1500	1200	170000
Боропластик	2000	1200	270000
Стеклопластик	2000	2000	70000
Алюминиевые сплавы	2700	600	70000
Титановые сплавы	4500	1100	110000
Стали	7800	2100	200000

Композиционные материалы позволяют уменьшить массу планера летательного аппарата на 30-40% по сравнению с массой аппарата, изготовленного из традиционных материалов. Это дает возможность получения резерва веса, который можно использовать для увеличения дальности полета или полезной нагрузки.

Наполнителями для композитов могут служить ткани, цельнотканые чехлы, жгуты, ленты, нитевидные монокристалльные стекла. Эпоксидные, фенолформальдегидные, кремнийорганические и полиамидные смолы используются в качестве связующих материалов при изготовлении деталей.

Несмотря на их высокую стоимость и сложность в производстве, композитные материалы являются самыми используемыми и удобными при правильном применении. Композиционные материалы увеличивают прочность и износостойкость конструкций, а также уменьшают вес, что крайне необходимо при создании беспилотников для эвакуации людей [7].

1.4 Способы изготовления беспилотных летательных аппаратов

Компания Top Flight Technologies предложила концепцию гибридного мультикоптера с большими грузоподъемностью и длительностью полета. Это достигается с помощью гибридной силовой установки: энергия для 10-киловаттного электродвигателя добывается сжиганием бензина. Сама установка состоит из 10-киловаттного двигателя (вес двигателя 7,7 кг), баков с 5 галлонами топлива (примерно 18,9 л) и литий-полимерного аккумулятора ёмкостью 6000 мАч (50 В) [15].

В современных реалиях для повышения грузоподъемности, длительности и дальности полета наиболее лучшей системой будет сочетание бензинового топлива с электрическими аккумуляторами.

В настоящее время высокую популярность приобретает бионика – прикладная наука, изучающая возможности практического применения в различных технических устройствах принципов и структур, которые появились в природе благодаря эволюции. Создание конструкции при помощи биодизайна позволяет снизить вес всей конструкции без потерь мощности, что дает снижение расхода топлива.

Предлагается, по возможности, изготовить корпус беспилотного летательного аппарата по принципу костей человека – пористая структура и полость внутри (рис. 1.3).

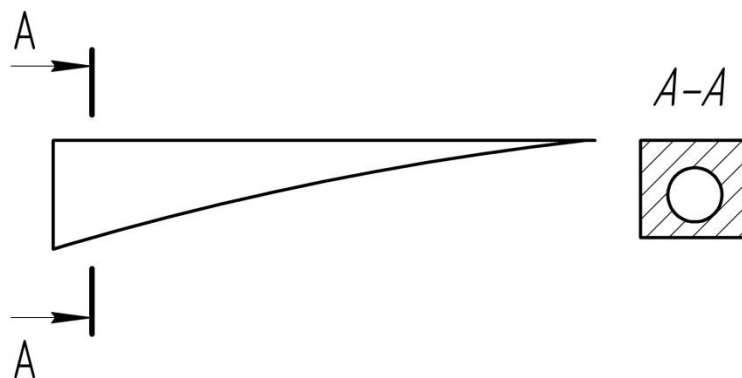


Рисунок 1.3 – Вариант создания рамы мультикоптера

Для принятия решения планируется провести ряд экспериментов как теоретических, так и практических, в ходе которых будет проведено сравнение воспринимаемых нагрузок существующих рам и рамы, созданной при помощи бионики [8].

Для основы требуется рассчитать размеры стандартной рамы для переноса по воздуху груза весом 1 кН. Далее произвести теоретическую проверку предлагаемого решения. В случае удовлетворительных результатов, рассмотреть уменьшение длины рамы до оптимальной.

1.5 Существующие решения в области эвакуации людей

Ведомство медицинских исследований и материально-технического обеспечения армии США рассматривает возможность использования беспилотных летательных аппаратов для эвакуации раненых с поля боя. Для этих целей оно планирует использовать многоцелевой БПЛА вертолетного типа DP-14 Hawk (рис. 1.4) разработанный компанией Dragonfly Pictures, Inc. в 2013 году.



Рисунок 1.4 – DP-14 Hawk

БПЛА DP-14 Hawk является двухроторным летательным аппаратом, внутри которого возможно размещение одного человека в лежачем положении.

Технические характеристики DP-14 Hawk приведены в таблице 3.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Таблица 3 – Технические характеристики DP-14 Hawk

Характеристика	Значение
Длина, м	2,6
Высота, м	1,46
Диаметр винтов, м	2
Максимальный взлетный вес, кг	300
Крейсерская скорость полета, км/ч	120
Максимальная скорость полета, км/ч	150
Максимальная дальность полета, км	250
Максимальная высота полета, м	2500

БПЛА оснащено современным комплексом оборудования, позволяющим ему двигаться по заданным координатам в автоматическом режиме.

Компания Urban Aeronautics разработала беспилотный пассажирский летательный аппарат Cormorant/AirMule (рис. 1.5), который способен производить эвакуацию пострадавших из зон бедствий или территорий военных действий. Данный автономный беспилотник способен спасти двух раненых самостоятельно – люди только производят погрузку пострадавших.



Рисунок 1.5 – БПЛА Cormorant/AirMule

Беспилотник вертикального взлета и посадки обладает массой 1,4 тонны и может перевозить грузы более 200 кг. Cormorant внешне похож на вертолет, но оборудован внутренними винтами. Такое строение делает БПЛА безопасным – дрон сможет пролетать под линиями электропередачи, не рискуя задеть их лопастями.

Одномоторный беспилотник может преодолевать 32 км со скоростью 160 км/ч за счет двух винтов в хвостовой части. Максимальная высота полета

составляет 3.7 км, время в воздухе - около 5 часов. Производители отмечают, что он может выдерживать полет при намного более сильных ветрах, чем стандартный вертолет с пилотом. Это происходит за счет того, что лопастями дрона можно управлять отдельно, а это позволяет ему легче маневрировать.

Корпус беспилотника покрыт углеродным волокном, а его выхлопная система не выпускает много дыма. Это позволяет дрону быть незаметным для инфракрасных датчиков и радиолокаторов.

Согласно данным компании, аппарат предназначен не только для эвакуации гражданского населения из зоны бедствий или транспортировки раненых военных. Также он может проводить обеззараживание территорий, которые подверглись воздействию химического оружия.

Российский универсальный авиагрузочный беспилотный летательный аппарат SKYF (рис. 1.6) — первый в мире промышленный дрон вертикального взлета и посадки.



Рисунок 1.6 – Платформа SKYF

Первоначально SKYF разрабатывался в качестве универсальной платформы, позволяющей создавать различные БВС, поэтому возможна быстрая адаптация устройства практически под любые специализированные задачи, климатические условия и особенности национального регулирования: от грузовой логистики и обработки полей до тушения пожаров и эвакуации людей.

Технические характеристики SKYF приведены в таблице 4.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

Таблица 4 – Технические характеристики платформы SKYF

Характеристика	Значение
Полезная нагрузка, кг	250
Радиус полета, км	350
Продолжительность полета, ч	8 (с нагрузкой 50 кг)
Максимальная скорость, км/ч	70
Максимальная высота полета, м	3000
Точность полета, см	30
Топливо	Бензин 95

Благодаря уникальной аэродинамической схеме SKYF уже сейчас может использовать энергию ДВС напрямую, что обеспечивает необходимые потребительские свойства линейки БВС, позволяющие добиться массового внедрения. Лучшие серийные аккумуляторы имеют ёмкость 250 Втч/кг (например, используемые в Tesla). Бензин имеет ёмкость 12 000 Втч/кг. E-Volo, E-Hang и другие производители крупных БВС только планируют перейти на ДВС в будущем по дорогой схеме последовательного гибрида.

1.6 Задачи, решаемые для безопасного и автономного пилотирования

Высокоточная навигация очень важна для дронов, занимающихся картографической съемкой, а также для беспилотников, выполняющих поисково-спасательные миссии.

Основным методом позиционирования как для беспилотных воздушных судн, так и для устройств в других областях является система глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС). Приемник устанавливается на борт БВС и получает данные со спутников. В связи с тем, что точность ориентирования по показаниям GPS достаточно низкая, активно стали использоваться сети наземных стационарных вышек. Такие вышки определяют погрешность показаний системы глобального позиционирования и передают поправки по радиоканалу на приемники БВС. Одной из распространенных систем такого типа является DGPS (Differential Global Positioning System).

Для повышения точности навигации на борт БВС дополнительно устанавливается комплекс инерциальных систем. В него входит набор датчиков, по данным которых автопилот получает информацию о скорости, кренах, ускорениях, высоте и др.

Датчики, входящие в комплекс инерциальной системы:

1. Барометрический датчик, с помощью которого можно определять высоту и производить автоматическое удержание высоты. Расчет высоты основан на том, что с увеличением высоты, атмосферное давление падает, а значит, полетный контроллер реагирует соответствующим образом и подает нужные сигналы на двигатели, регулируя газ. Однако у данного датчика есть недостаток, поскольку невысоко над землей разница давления практически не ощутима, а потому барометр может давать сбой.

2. Ультразвуковой датчик основан на измерении отрезка времени между посылкой и приемом звуковых волн, отраженных от поверхности, до которой измеряется высота. Такие датчики тоже могут дать сбой, если полеты производятся в помещении со звукоизоляцией.

3. Лидар – устройство, построенное по технологии получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах. Недостатком лидара является большое энергопотребление и большой вес.

4. Комплекс из трехосного гироскопа и акселерометра, который позволяет определить углы наклона БВС относительно горизонта и ускорения вращения, а также летать дронам плавно и без рывков. Гироскоп должен работать молниеносно, чтобы обеспечивать стабильный полет устройства. Инерциальный измерительный блок служит для отслеживания текущего ускорения устройства, используя для этого сочетание нескольких акселерометров. Некоторые блоки включают в себя еще и магнитометр, служащий для дополнительной стабилизации аппарата.

Помимо развития средств инерциальных систем для позиционирования БВС, в последнее время развивается направление визуального позиционирования. В таких

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

методах используется бортовые сенсоры, фото-, видеорегистраторы или их комплекс, а также программные средства для обработки полученных данных.

Существует алгоритм определения трехмерных координат и углов ориентации БВС без использования сигналов спутниковой навигации. Данный подход заключается в использовании системы компьютерного зрения для генерации и обработки потока фотографий подстилающего рельефа, а также дальнейшего сравнения полученных данных с уже имеющимися картами с целью поиска маркерных точек. Из-за требования большого ресурса вычислительной мощности такая система предполагает обработку полученных данных на базовой станции и, следовательно, постоянную связь с БВС. Для увеличения точности следования заданному маршруту в условиях редкого обновления местоположения (например, полета в гористой местности) возникает необходимость внедрения в программный код микрокомпьютера БВС алгоритмов оптимизации полета засчет оценивания действующих на БВС неизвестных внешних процессов [1].

1.7 Патентный поиск

В ходе проведения патентных исследований был проведен анализ разработок в области грузовых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), в частности БПЛА для помощи в эвакуации или непосредственной эвакуации пострадавших. Ретроспективность патентного поиска составила 10 лет.

Патентный поиск проводился по открытым базам патентов России, США, стран Евросоюза и др. технологически развитых стран. Были проанализированы решения, которые представлены в патентах как в виде отдельных конструкций БПЛА, так и интеграции их в поисково-спасательную систему. Так же была затронута тема разработки эвакуационной капсулы для перевозки пострадавших.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

Беспилотный летательный комплекс первой помощи [9]

Патент RU 139238, МПК: А62В 99/00

Авторы: Богомолов А.В. (RU), Алёхин М.Д. (RU), Русскин А.В. (RU)

Беспилотный летательный аппарат, входящий в состав беспилотного летательного комплекса первой помощи, производит сброс модульных систем медицинского оборудования и средств оказания первой помощи над местом нахождения пострадавшего с последующим их возвращением при доставке раненого в медицинские учреждения.

Модульная система медицинского оборудования беспилотного летательного комплекса включает: комплект портативной аппаратуры для проведения базовой сердечно-легочной реанимации; портативный автоматический наружный дефибриллятор; трехканальный электрокардиограф; портативный диагностический монитор; портативный клинический анализатор; портативный экспресс-измеритель концентрации глюкозы в крови с набором тест-полосок; комплект видеокамер и аудиосредств для проведения консультаций и дистанционных медицинских осмотров; комплект изделий медицинского назначения для остановки наружного кровотечения и перевязки ран; комплект лекарственных средств.

Функционирование разработанного беспилотного летательного комплекса первой помощи заключается в следующем.

1) При поступлении сигнала о помощи, беспилотный летательный комплекс первой помощи оперативно направляют к месту нахождения пострадавших.

2) По прибытии на место беспилотный летательный комплекс первой помощи совершает посадку или сброс отделяемых модульных систем медицинского оборудования и средств оказания первой помощи. В момент касания земли самого беспилотного летательного комплекса и/или груза автоматически запускается сигнал, упрощающий поиск места посадки/сброса.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Способ проведения поисково-спасательных работ [10]

Патент: RU 2694528 С1, МПК: А62В 99/00

Авторы: Шерстнев В.В. (RU), Бодин О.Н. (RU), Безбородова О.Е. (RU) и др.

Алгоритм оказания пострадавшим медицинской помощи, эвакуации транспортабельных пострадавших приведен на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – Алгоритм оказания пострадавшим медицинской помощи

Способ проведения поисково-спасательных работ, заключающийся в том, что осуществляется:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ

Лист

24

1. Ввод в память беспилотного воздушного судна координат границ зоны чрезвычайной ситуации, высоты полета, координат точки начала сканирования, траектории и шага сканирования.

2. Запуск беспилотного воздушного судна.

3. Разведку беспилотным воздушным судном заданной зоны:

4. Обеспечение пострадавших средствами индивидуальной защиты, мобильным телефоном и аптечкой.

5. Возвращение беспилотного воздушного судна,

Оказание пострадавшим медицинской помощи манипулятором беспилотного воздушного судна медицинского назначения осуществляется путем: производства рентген-снимков; наложения жгута, повязки, шины; оснащения пострадавших портативным регистратором электрокардиосигналов; проведения дефибрилляции; инъекции лекарственных препаратов; маркировки пострадавших; корректировку очередности оказания медицинской помощи пострадавшим; эвакуацию транспортабельных пострадавших и их жизнеобеспечение беспилотным воздушным судном эвакуационного назначения посредством капсулы реанимации.

Техническим результатом изобретения является уменьшение времени на поиск пострадавших, повышение качества оказания ЭМП и, как следствие, уменьшение потерь и осложнений у пострадавших в ходе ЧС. Указанный результат достигается тем, что в способе проведения поисково-спасательных работ сообщение о ЧС поступают в Единую дежурно-диспетчерскую службу по прямым каналам и линиям связи. При классификации сложившейся ситуации как чрезвычайной, Единая дежурно-диспетчерская служба населенного пункта поручает проведение работ в зоне ЧС соответствующим службам, и они выдвигаются в зону ЧС.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

Переносной и транспортируемый изолируемый роботизированный эвакуационный медицинский модуль [11]

Патент RU 2658466; МПК: А61В 5/04

Авторы: Садовничий В.А. (RU), Соколов М.Э. (RU), Подольский В.Е. (RU), и др.

На рисунке 1.8 показаны схемы взаимодействия диагностического оборудования и лечебного оборудования с пациентом.

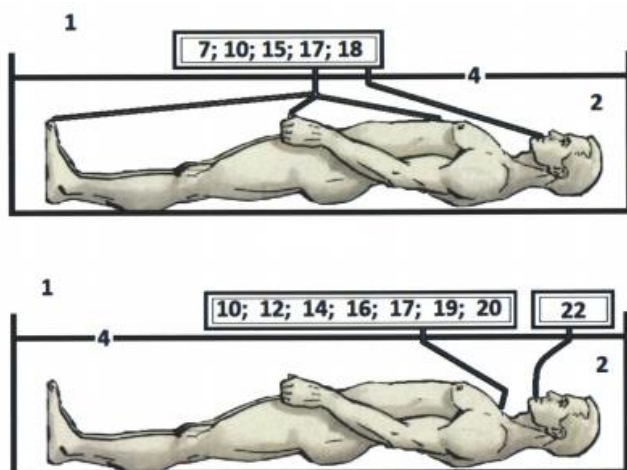


Рисунок 1.8 – Переносной и
транспортируемый изолируемый
роботизированный эвакуационный
медицинский модуль

Медицинский модуль состоит из энцефалографа 7; компьютерной системы обработки информации 10; аккумуляторной батареи 12; отсоса 14; диагностического монитора 15; медикаментов для инфузий 16; ультразвукового аппарата 17; инфузионного насоса 19; инфузомата 20; аппарата искусственной вентиляции легких 22.

Указанная аппаратура соединена трубопроводами с пациентом, находящимися во втором блоке, через одно или несколько отверстий с возможностью их полной изоляции.

В первом блоке также расположена компьютерная система с комплексом видеонаблюдения за пациентом и аудиообщением, комплексом поддержки принятия диагностических и лечебных решений, возможностью дистанционной передачи визуальной и телеметрической информации. Указанная аппаратура соединена с датчиками, находящимися во втором блоке.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ

Лист

26

Способ проведения поисково-спасательных работ [12]

Патент RU 2698893; МПК: А62В 99/00, В64С 39/02

Авторы: Борисов Е.Г. (RU), Талан А.С. (RU), Типикина К.С. (RU), Киртянова О.Н. (RU)

На рисунке 1.9 показана организация системы связи объекта поиска с БПЛА и наземным пунктом управления (НПУ), которая содержит блок аварийной связи

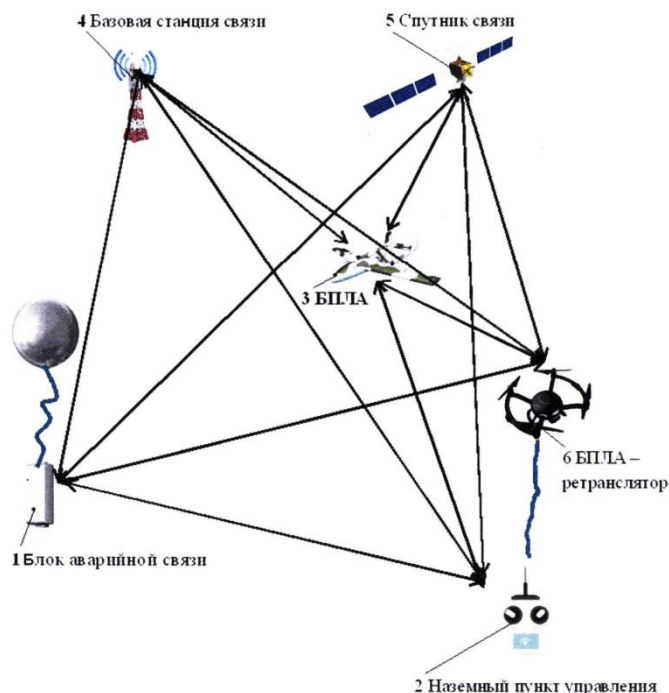


Рисунок 1.9 – Способ проведения поисково-спасательных работ

1; наземный пункт управления 2; поисковый беспилотный летательный аппарат 3; базовая станция сотовой связи 4; спутник связи 5; грузовой поисковый беспилотный летательный аппарат 6.

Проведение поисково-спасательной операции начинают с анализа данных, поступающих с блока аварийной связи (БАС) 1 который состоит из модуля аварийной связи и надувного поискового ориентира, причем модуль аварийной связи

содержит измеритель пульса, измеритель температуры и давления и блок акселерометров, «тревожную кнопку» и систему голосового сообщения.

При возможности, объект поиска инициирует включение надувного поискового ориентира и служит дополнительным ориентиром для поиска с БПЛА 3 и БПЛА 6. Координаты объекта поиска через заданный интервал времени передают в эфир и принимают аппаратурой связи.

Изобретение относится к способам проведения поисково-спасательных работ с помощью беспилотных авиационных систем.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ

Лист

27

Модульный многовинтовой беспилотный летательный аппарат вертикального взлета и посадки и способ управления им [13]

Патент RU 2706765; МПК: В64С 27/08, В64С 39/02

Авторы: Галимов М.М. (RU), Афанасьев И.М. (RU), Данилов И.Ю. (RU), Липатов А.Н. (RU)

На рисунке 1.10 изображен общий вид модульного многовинтового беспилотного летательного аппарата вертикального взлета и посадки, который

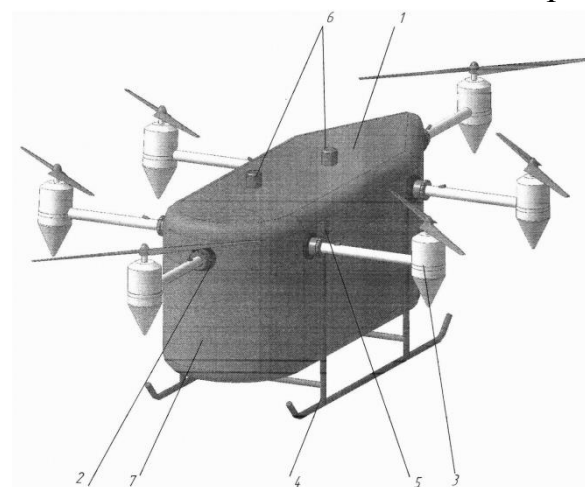


Рисунок 1.10 – Модульный
многовинтовой беспилотный
летательный аппарат
вертикального взлета и посадки и
способ управления им

содержит корпус 1, более двух легкоразъемных узлов 2 для соединения консолей 3, опоры 4, которые соединены с корпусом 1 через тензометрический датчик веса 5. Также на корпусе 1 установлены датчик 6 для определения местоположения осей воздушных винтов 11 консолей 3. Снизу к корпусу 1 прикреплен на легкоразъемном соединении грузовой контейнер 7.

В зависимости от мощности, эксплуатационных или иных требований консоли 2 могут содержать один или несколько электрических, или бензиновых двигателей с соответствующими средствами управления и обеспечения работой двигателей, а также содержать средства управления тягой в виде устройства наклона двигателя, рулей отклонения струи и т.п., а также средства управления ими.

Цель изобретения достижение наиболее экономичных режимов доставки грузов путем оптимизации параметров аппарата к условиям каждого полета за счет сборки конфигурации под заданные требования конкретного полета. Транспортировка и подъем нестандартных и негабаритных грузов.

Система удалённого наблюдения и управления беспилотными летательными аппаратами [14]

Патент RU 2657164; МПК: G08G 5/00, G05D 1/00, B64C 39/00

Авторы: Разроев Э.А.О. (RU), Спинко В.Е. (RU)

На рисунке 1.11 приведена обобщенная схема прохождения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) через зоны ответственности станций организации и управления (СОУ).

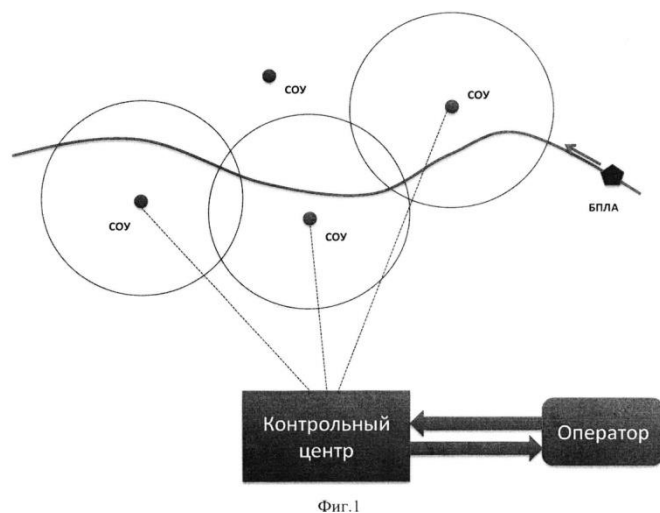


Рисунок 1.11 – Система удалённого наблюдения и управления беспилотными летательными аппаратами

Каждая СОУ сети включает в себя, по меньшей мере, одну камеру кругового обзора, по меньшей мере, один радиочастотный приемопередатчик, систему обработки и передачи информации, блок стационарного питания, предназначенный для подключения СОУ к сети электроснабжения, блок альтернативного питания; по меньшей мере один контрольный центр (КЦ), выполненный с возможностью сбора информации о БПЛА и выработки команд

управления БПЛА, при этом КЦ включает в себя систему обработки видеосигнала, по меньшей мере один монитор, автоматизированное рабочее место оператора (АРМ), по меньшей мере один радиочастотный приемопередатчик, блок стационарного питания, предназначенный для подключения КЦ к сети электроснабжения.

Сеть СОУ размещена на местности по сотовому принципу, таким образом, чтобы любая точка пространства на высоте не более 200 метров от уровня поверхности находилась в зоне видимости, по меньшей мере, одной камеры кругового обзора СОУ.

Техническое решение относится к области использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), в частности к системам удаленного наблюдения и управления БПЛА.

Passenger carrying unmanned aerial vehicle powered by a hybrid generator system [15]

(Пассажирский беспилотный летательный аппарат, работающий на гибридной генераторной системе)

Патент US 2019/0283874; МПК: B64C 39/02, B64D 27/24

Авторы: Long N. Phan (US), Samir Nayfeh (US), Eli M. Davis (US)

На рисунке 1.12 показаны схемы пассажирских беспилотников. летательный аппарат 100, 200 для перевозки пассажиров включает в себя пассажирское отделение

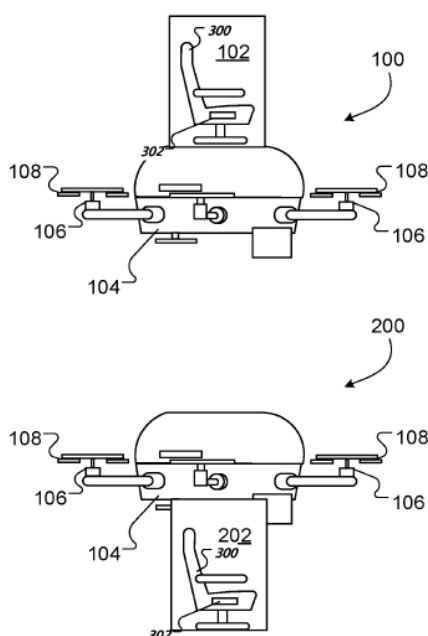


Рисунок 1.12 – Passenger carrying unmanned aerial vehicle powered by a hybrid generator system

102, 202, гибридную систему генератора, которая включает в себя множество роторов 106, каждый из которых соединен с гребным винтом 108. Пропеллеры 108 создают достаточную подъемную силу, чтобы перевозить беспилотный летательный аппарат 100, 200 и пассажирское отделение 102, 202 с пассажиром.

В некоторых случаях пассажирское отделение 102, 202 могут быть рассчитаны на перевозку нескольких пассажиров (два и более). Для перевозки большего количества пассажиров гибридный генератор может включать в себя более крупные двигатели и пропеллеры, большее количество роторов и пропеллеров, может включать двигатель,

сконфигурированный для выработки большего количества мощности.

Пассажирский беспилотный летательный аппарат приводится в действие гибридной генераторной системой, размер которой достаточен для подъема пассажира и его личных вещей. Гибридная генераторная система для питания беспилотных летательных аппаратов может быть сконструирована с резервированием для обеспечения безопасности пассажиров.

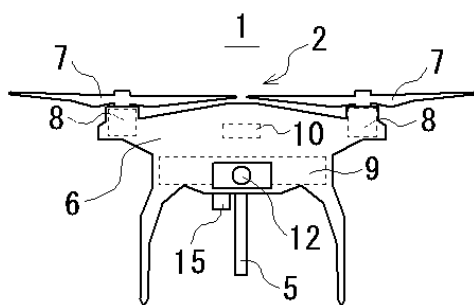
Human life rescue device [16]

(Устройство спасения жизни человека)

Патент JP 2017/210078; МПК: В64С 39/02, В64С 13/20, В64С 27/08, В64D 47/08, В64D 1/22

Авторы: Yuichiro Niizaki (JP), Yunito Niizaki (JP)

На рисунке 1.13 показано спасательное устройство 1, которое включает в себя беспилотный летательный аппарат 2, спасательные средства 4, и средство 5



блокировки спасательных средств.

Беспилотный летательный аппарат 2 управляет корпусом 6, множеством роторов 7, электродвигателем 8, который приводит в движение лопасти 7 ротора, аккумулятором 9, который подает питание каждому блоку.

Устройство 10 управления управляет каждой частью планера, чтобы выполнять дистанционное управление и автоматическое пилотирование, и включает в себя устройство GPS и устройство связи для получения информации о местоположении (включая информацию о высоте).

Рисунок 1.13 – Human life rescue device

Камера 12 захватывает переднее и нижнее изображения тела 6, и снятые изображения отображаются в реальном времени на экране монитора устройства управления. Оператор может управлять беспилотным летательным аппаратом 2 с помощью пульта дистанционного управления, просматривая захваченное изображение, координаты GPS-положения и т.п.

Тепловой детектор 15 обнаруживает тепло (инфракрасные лучи) человека.

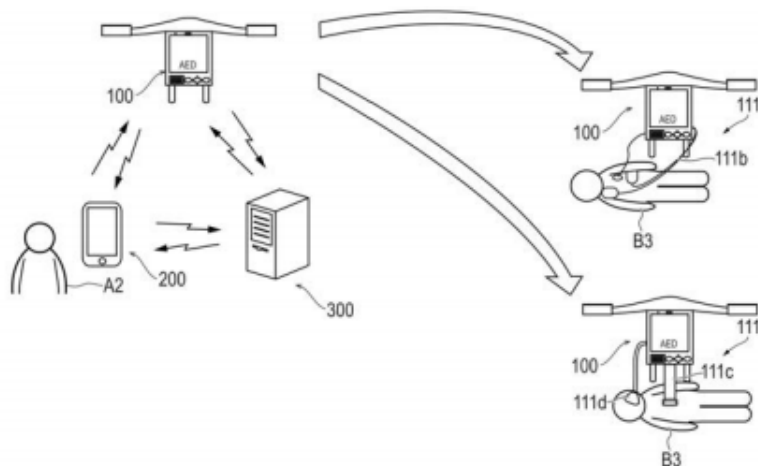
Unmanned aircraft, rescue system and rescue method [17]

(Беспилотный летательный аппарат, спасательная система и способ спасения)

Патент JP 2017213951; МПК: B64C 39/02, B64C 13/18, B64C 25/58

Авторы: Yusuke Sekine (JP), Shinya Sano (JP), Chisato Iwakiri (JP), Ryota Yamane (JP)

На рисунке 1.14 показана схема работы беспилотного летательного аппарата для спасения. Когда беспилотный летательный аппарат 100 принимает сигнал, то



переключается из нормального режима в аварийный режим и получает ввод операции спасения, назначенной пользователем A2, через информационное устройство 200. После перемещается к месту бедствия и выполняет спасательную операцию для жертвы бедствия B3.

Рисунок 1.14 – Unmanned aircraft, rescue system and rescue method

Информационное терминальное устройство 200 может быть,

например, портативным терминальным устройством (смартфон, портативное устройство связи, которое не имеет функции вызова и т. д.)

Сервер 300 управления представляет собой серверное устройство, которое управляет всей системой и выполняет управление беспилотным летательным аппаратом 100, управление сбором данных и т.п.

Передача/прием данных между беспилотным летательным аппаратом 100 и сервером 300 управления и передача/прием данных между терминальным устройством 200 информации и сервером 300 управления выполняются через предварительно определенное ретрансляционное устройство (модем, адаптер терминала, шлюзовое устройство и т. д.).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ

Лист

32

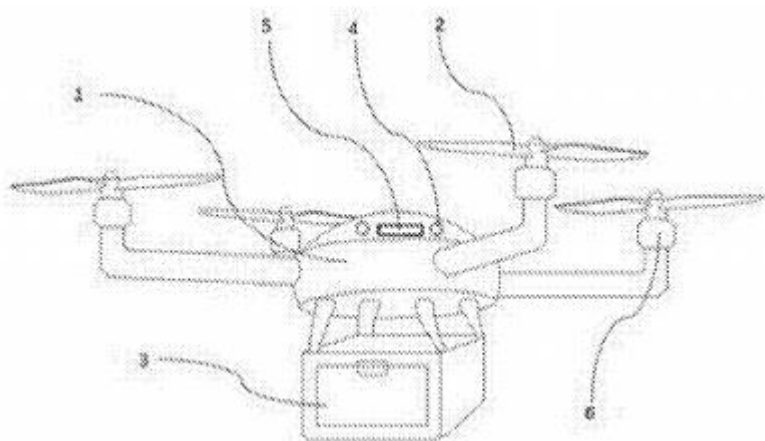
A kind of high-rise fire rescues search unmanned plane temporarily [18]

(Поисково-спасательный беспилотный летательный аппарат для спасения из пожара)

Патент CN 108216606; МПК: В64С 27/08, В64D 47/00, В64D 47/08

Авторы: Wang Zhicheng (CN)

На рисунке 1.15 изображена общая структурная схема поисково-спасательного беспилотного летательного аппарата, которой показаны корпус 1,



летное крыло 2, корпус ящика для хранения 3, инфракрасная камера 4, прибор для обнаружения жизни 5, двигатель 6, внешний слой 7, внутренний слой 8, пенопласт 9.

Рисунок 1.15 – A kind of high-rise fire rescues search unmanned plane temporarily

Корпус ящика для хранения 3 имеет двухслойную структуру. Внешний слой двухслойной структуры

выполнен из теплоизоляционного алюминиевого сплава. Изобретение включает литиевую батарею, гироскоп, инфракрасную камеру, микрокомпьютер, сигналы для приема передатчика и обнаружения жизни.

Настоящее изобретение может быстро удовлетворить насущную потребность в спасательных средствах на высотных высотах, и здание, которое быстро загорается, достигается под воздействием пожарного.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ

Лист

33

2 Проектно-конструкторский раздел

После анализа статей, патентов и готовых существующих решений по тематике выпускной квалификационной работы, была разработана 3D-модель беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для эвакуации пострадавших, показывающая примерную компоновку элементов проектируемого устройства.

БПЛА для эвакуации, согласно техническому заданию, должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Нахождение в воздухе – 20-30 минут
2. Дальность полета – более 2 км
3. Высота полета – до 2 км
4. Грузоподъемность – более 2000 Н
5. Элемент питания – аккумуляторы / двигатель внутреннего сгорания

2.1 Структурно-функциональная схема

Структурно-функциональная схема устройства представлена на рисунке 2.1.

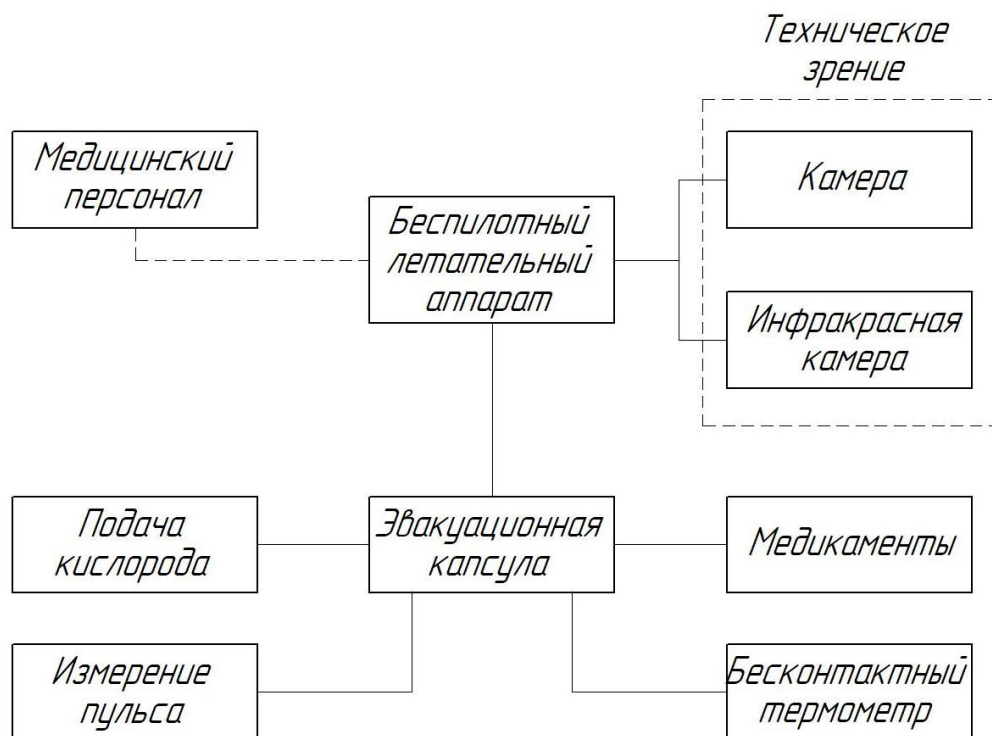


Рисунок 2.1 – Структурно-функциональная схема БПЛА для эвакуации

Во время перевозки в эвакуационной капсуле у пострадавшего, с помощью специальных датчиков, будет произведено измерение температуры, пульса и давления. После обработки показаний программой будет принято решение о применении необходимых медикаментов. Полученные показания также будут направлены медицинскому персоналу для подготовки специализированной техники и препаратов. Также в эвакуационной капсуле присутствует система подачи кислорода [2].

2.2 Подбор комплектующих для БПЛА

Принцип движения мультикоптера:

При движении стика газа вверх на аппаратуре управления, мультикоптер просто прибавляет обороты на всех двигателях, тем самым набирая высоту. Для полетов в сторону, аппарат кренится в нужную сторону, увеличивая обороты двигателей с одной стороны и снижая с другой. За счет датчиков, соединенных с полётным контроллером (ПК), аппарат кренится только до ограниченного угла, чтобы не перевернуться. Для движения вперед и назад используется тот же принцип.

Материал рамы

Как уже упоминалось выше, существует возможность применения композиционных материалов. В нашем случае проектируется грузовой беспилотный летательный аппарат для перевозки людей: масса около 100 кг, рост (длина) около 2 метров. Поэтому для создания такого большого мультикоптера было принято решение использовать сплавы алюминия (авиаль) с включением магния, кремния, меди и марганца и отличающихся повышенной прочностью. На рисунке 2.2 представлен общий вид БПЛА для эвакуации людей.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

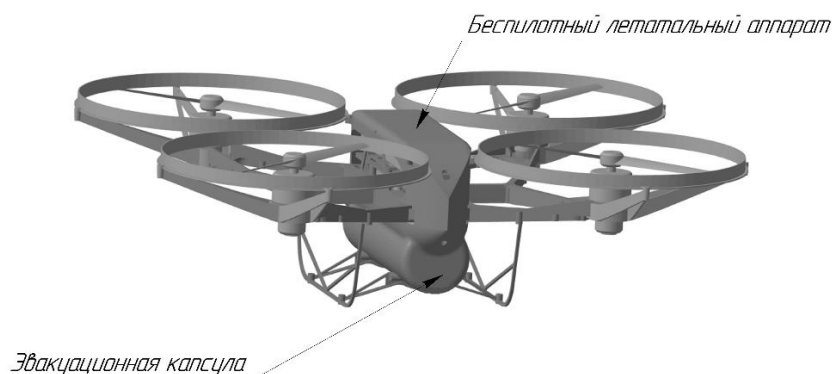


Рисунок 2.2 – Общий вид беспилотного летательного аппарата для эвакуации людей из труднодоступных мест

Моторы, регулятор оборотов и пропеллеры

Для выбора моторов необходимо знать вес мультикоптера и размеры рамы. Согласно заданию, грузоподъемность БПЛА для эвакуации людей должна составлять не менее 2000 Н.

Произведем уточнение общей массы устройства:

$$M_{об} = M_{мк} + M_{чел} \quad (2.1)$$

где $M_{мк}$ – масса мультикоптера, кг;

$M_{чел}$ – максимальная масса перевозимого человека, кг.

$$M_{об} = 197 + 100 = 297 \text{ кг}$$

Для обеспечения запаса по мощности, примем $M_{об} = 330$ кг, что составляет 3300 Н. Проектируемое устройство является квадрокоптером, тогда необходимо, чтобы в сумме все четыре мотора могли обеспечить тягу 340 кг. Для этого у каждого мотора тяга должна составлять минимум 85 кг.

В настоящее время моторы с данной тягой нет возможности найти, поэтому предлагается первоначально выбрать двигатель Hasker A200-8 kv110 (рис. 2.3). Характеристики данного мотора представлены в таблице 5.



Рисунок 2.3 – Двигатель Hacker A200-8 kv110

Таблица 5 – Характеристики мотора Hacker A200-8 kv110

Характеристика	Значение
Максимальная мощность	15000 Вт (15 с)
Ток без нагрузки	3,3 А
Рабочий ток	180А
Максимальный ток	280 А
Сопротивление	0,015 Ом
Обороты висения	5450 В/мин
Масса	2590 гр
Рекомендуемый регулятор оборотов	MasterSpin 220 Pro OPTO
Рекомендуемый тайминг	22°
Электропитание	LiPo 12-14S

Согласно рекомендации, выбираем регулятор оборотов MasterSpin 220 Pro OPTO (рис. 2.4), технические характеристики которого представлены в таблице 6.



Рисунок 2.4 – Регулятор MasterSpin 220 Pro OPTO

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ

Лист

37

Таблица 6 – Характеристики регулятора MasterSpin 220 Pro OPTO

Характеристика	Значение
Рабочий ток	220 А
Максимальный ток	286 А
Сопротивление	0,00041 Ом
Длина	63 мм
Ширина	120 мм
Высота	67 мм
Масса	361 гр
Электропитание	LiPo 6-14S

Расчет полета с использованием калькулятора для мультикоптеров

Проверим работоспособность данной системы с использованием онлайн калькулятора для мультикоптеров eCalc. Сначала введем все основные данные для расчета (рис. 2.5): масса модели и масса навесного оборудования (эвакуационная капсула). В качестве питающих элементов выберем LiPo-аккумуляторы.

The image shows a complex web form for drone calculations. It is organized into several sections:

- Основное:** Model weight (133000g), wing span (4691.4 inches).
- Аккумулятор:** Type (LiPo 2200mAh - 80/120), nominal voltage (3.7V).
- Регулятор:** Type (YGE 320 HV).
- Мотор:** Manufacturer (Haskag), cooling (good), KV (110), RPM (3.3), torque (8.4), efficiency (0.015).
- ПроPELLER:** Type (Aeroglider CamCarbon), angle (0°), diameter (115mm), pitch (12 inches).
- Other parameters:** Number of blades (2), motor diameter (115mm), motor pitch (12 inches), motor weight (248g), motor efficiency (8.7%), motor resistance (0.0007 Ohm).
- Flight environment:** Altitude (250m), temperature (25°C), air density (1.013 g/L).
- Motor limits:** Max RPM (85%), max current (100A), max voltage (3.7V).
- Weight and balance:** Payload weight (0g), total weight (100000g), center of gravity (3527.4 inches).

Рисунок 2.5 – Ввод основных данных

В результате вычислений (рис. 2.6) получаем, что беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей может находиться в воздухе примерно 20 минут.

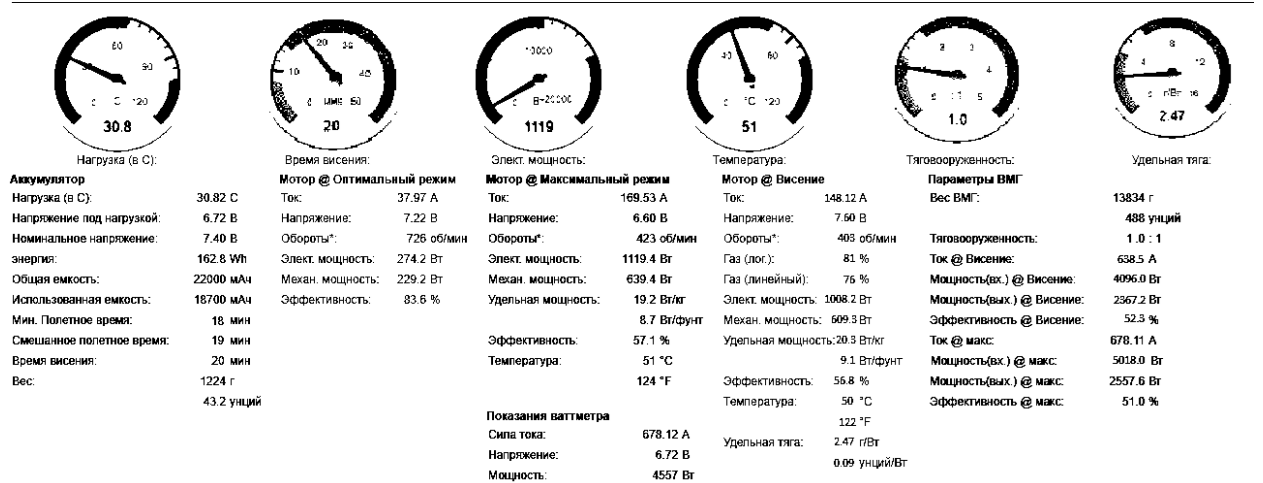


Рисунок 2.6 – Результат вычислений

Не стоит сильно полагаться на полученные значения, потому что условия являются идеальными, а необходимые компоненты очень трудно приобрести.

2.3 Подбор комплектующих для эвакуационной капсулы

Эвакуационная капсула представляет собой устройство для спасения и оказания помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях военного и мирного времени.

На рисунке 2.7 представлена разрабатываемая эвакуационная капсула в разрезе.

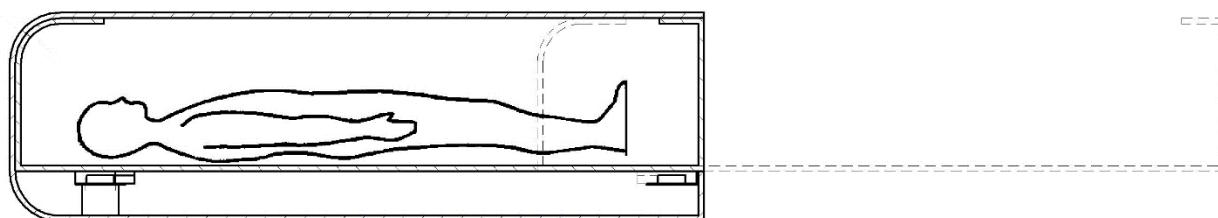


Рисунок 2.7 – Эвакуационная капсула в разрезе

Данная капсула состоит из внешней и внутренней капсул. Внешняя капсула представляет собой оболочку, внутри которой располагается внутренняя капсула, система ее выдвижения, а также медицинское оборудование и препараты.

Система выдвижения внутренней капсулы

По заданию длина эвакуационной капсулы должна составлять не менее 2000 мм. Для выдвижения внешней капсулы предлагается использовать телескопическую направляющую. Данная направляющая должна выдерживать массу внутренней капсулы совместно с массой человека.

Считаем, что максимальная масса человека, перевозимого беспилотным летательным аппаратом, составляет 100 кг. Масса внутренней капсулы составляет 43 кг. Тогда необходимо, чтобы телескопическая направляющая была длиной минимум 2 метра и могла выдвигаться еще на 2 метра, а также выдерживала 200 кг нагрузки.

Подбор телескопических направляющих осуществляется с учетом требуемой грузоподъемности, максимального прогиба в полностью выдвинутом состоянии. Грузоподъемность телескопических направляющей зависит от двух факторов: грузоподъемности шарикового сепаратора и механической жесткости среднего элемента. При небольших длинах рабочего хода определяющим является грузоподъемность сепаратора, а при средних и больших длинах – жесткость среднего элемента.

Ожидаемый упругий прогиб в полностью выдвинутом состоянии определяется следующим образом:

$$f = \frac{q}{t} \cdot P \quad (2.2)$$

где q – коэффициента длины хода (для 2000 мм он равен 11);

t – коэффициент, учитывающий специфику модели телескопической направляющей (примем равным 700);

P – фактическая нагрузка, воздействующая на центр пары направляющих, Н.

Получаем, что ожидаемый упругий прогиб равен:

$$f = \frac{11}{700} \cdot 2500 = 39 \text{ мм}$$

В ходе поисков было принято решение использовать телескопическую направляющую E1700 (рис. 2.8), которая в разложенном виде распределяет равномерно на пару параллельно расположенных направляющих 225 кг.



Рисунок 2.8 – Телескопическая направляющая E1700

Необходимо выяснить срок службы направляющей, т.е. общее пройденное расстояние до момента появления усталостного разрушения на поверхности дорожек и элементов качения [3].

$$L = 100 \cdot \left(\frac{\delta}{W} \cdot \frac{1}{f_i} \right)^3, \quad (2.3)$$

где L – расчетный эксплуатационный ресурс, км;

δ – коэффициент нагрузки, Н;

W – эквивалентная нагрузка пары направляющих, Н;

f_i – коэффициент условий эксплуатации.

Эксплуатационный ресурс системы при её эксплуатации в идеальных условиях составляет 100 км.

Коэффициент нагрузки для направляющих, выдвигающихся на более 2 метров, равняется 58682 Н.

Предполагается эксплуатация в условиях несильных вибраций и со среднечастотными изменениями направления перемещения системы на противоположное. Отсюда f_i принимаем равным 2.

$$L = 100 \cdot \left(\frac{58682}{2250} \cdot \frac{1}{2} \right)^3 = 221757 \text{ км}$$

Срок службы можно перевести в срок службы, измеряемый в часах.

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{V_e \cdot 60}, \quad (2.4)$$

где L_h – срок службы, ч;

V_e – скорость перемещения, м/мин.

Максимальная скорость перемещения для данной направляющей равняется 0,3 м/с, что составляет 18 м/мин.

$$L_h = \frac{221757 \cdot 10^3}{18 \cdot 60} = 205331 \text{ ч}$$

Ременная передача

Для обеспечения движения телескопической направляющей было принято решение использовать ременную передачу. Был выбран зубчатый ремень метрического профиля с полукруглой формой зуба 3М, открытого типа с шагом зубьев 3 мм и шириной 30 мм (рис.2.9).



Рисунок 2.9 – Зубчатый ремень 3М-30

Для данного ремня был подобран шкив ТВ1210 с рабочей шириной диаметра 32 мм и основным диаметром 97 мм (рис.2.10).



Рисунок 2.10 – Шкив ТВ1210

Зубчатый ремень имеет изготавливается из резины. Армирующим материалом служит стекловолокно, которое имеет большой модуль упругости и предел прочности ($[\sigma] = 2413 \text{ МПа}$, $E = 6,8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$), позволяющие ремню выносить большую нагрузку при минимальном растяжении. Схема строения зубчатого ремня приведена на рисунке 2.11.

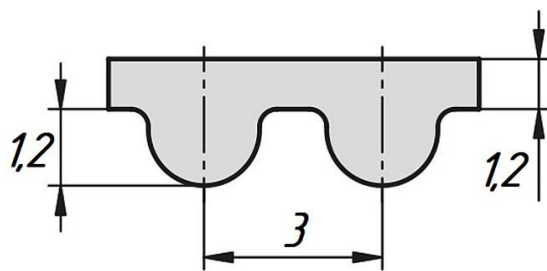


Рисунок 2.11 – Схема строения зубчатого ремня 3М-30

В ременной передаче основная нагрузка приходится на ремень, соответственно существует необходимость выполнить проверочный расчет по эквивалентному напряжению:

$$\sigma_{\text{экв}} \leq [\sigma], \quad (2.5)$$

где $\sigma_{\text{экв}}$ – действующее эквивалентное напряжение в ремне, МПа;

$[\sigma]$ – максимально допустимое для нормальной работы передачи напряжение, МПа.

Допустимое напряжение для данного вида ремней составляет $[\sigma] = 37$ МПа. Действующее эквивалентное напряжение можно рассчитать по формуле:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_0 + \sigma_1 + \sigma_{\text{ц.б.}} + \sigma_u \quad (2.6)$$

где σ_0 – напряжение от силы предварительного натяжения, МПа;

σ_1 – напряжение от рабочей нагрузки, МПа;

$\sigma_{\text{ц.б.}}$ – напряжение от центробежной нагрузки, МПа;

σ_u – изгибные напряжения, МПа.

Для зубчатых ремней напряжением от силы предварительного натяжения, напряжением от центробежной нагрузки и изгибным напряжением можно пренебречь. Учитывая вышесказанное условие работоспособности ремня, можно записать в следующем виде:

$$\sigma_1 \leq [\sigma] \quad (2.7)$$

Напряжение от рабочей нагрузки находится по формуле:

$$\sigma_1 = \frac{F_t}{A}, \quad (2.8)$$

где F_t – рабочая нагрузка, Н;

A – площадь наименьшего сечения ремня ($A = a \cdot b = 1,2 \cdot 30 = 36$ (мм²)).

Рабочей нагрузкой в нашем случае будет являться вес эвакуационной капсулы совместно с человеком – 1430 Н. Для выдвижения внутренней капсулы будут использоваться два ремня, отсюда следует, что рабочая нагрузка будет равномерно распределена на них и составит по 715 Н на каждый ремень.

$$\sigma_1 = \frac{715}{36} = 19,9 \text{ (МПа)}$$

$$19,9 \text{ (МПа)} \leq 37 \text{ (МПа)}.$$

Условие выполняется, следовательно, данный ремень возможно применять в проектируемом устройстве.

Шаговый двигатель

Для обеспечения движения ременной передачи и, соответственно, телескопической направляющей, в конструкции предлагается использовать шаговые электродвигатели (ШД).

Шаговый электродвигатель – синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками, в котором ток, подаваемый в одну из обмоток статора, вызывает фиксацию ротора. При последовательной активации обмоток, шаговый двигатель повернется строго на определенный угол. Главными критериями при выборе шагового двигателя являются крутящий момент, точность позиционирования и скорость перемещения.

Выбор шагового двигателя по крутящему моменту производят согласно следующего условия:

$$T_{расч} \leq T_{ном}, \quad (2.9)$$

где $T_{расч}$ – расчетный крутящий момент, Н·м;

$T_{ном}$ – номинальный крутящий момент двигателя, Н·м.

Расчетный крутящий момент зависит от нагрузки, которая создается внутренней эвакуационной капсулой, при перемещении по направляющим, а также

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

от механической передачи, с помощью которой осуществляется перемещение. В качестве передачи, осуществляющей движение, была выбрана ременная передача. Тогда расчетный крутящий момент вычисляется по формуле:

$$T_{расч} = F \cdot \frac{d_{шк}}{2}, \quad (2.10)$$

где F – максимальная нагрузка, Н;

$d_{шк}$ – диаметр шкива, м.

Максимальная нагрузка равняется весу внутренней эвакуационной капсулы с лежащим внутри человеком – 1430 Н. В конструкции предлагается использовать два шаговых двигателя, для равномерного распределения нагрузки.

$$T_{расч} = 715 \cdot \frac{0,097}{2} = 34,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Согласно полученному значению, выбираем шаговый двигатель NEMA 51 FL130BYG2503 (рис. 2.12) с номинальным крутящим моментом $T_{ном} = 50 \text{ Н}\cdot\text{м}$. В таблице 7 приведены основные характеристики данного шагового двигателя.



Рисунок 2.12 – Шаговый двигатель NEMA 51 FL130BYG2503

Таблица 7 – Характеристики шагового двигателя NEMA 51 FL130BYG2503

Параметр	Значение
Угловой шаг	1,8°
Ток фазы	7 А
Момент	50 Н·м
Максимальная допустимая радиальная нагрузка на вал	220 Н
Максимальная допустимая осевая нагрузка на вал	60 Н
Диаметр вала	22 мм

Определим расчетную скорость вращения шагового электродвигателя:

$$v_{расч} = \frac{n \cdot \pi \cdot d_{шк}}{60}, \quad (2.11)$$

где n – кол-во оборотов, об/мин.

Количество оборотов зависит от параметров шагового двигателя и используемых драйверов, и в общем случае составляет не менее 480 об/мин.

$$v_{расч} = \frac{480 \cdot \pi \cdot 0,097}{60} = 2,4 \text{ м/с}$$

Согласно документации на телескопическую направляющую максимальная скорость перемещения равна 0,3 м/с. Расчетная скорость перемещения данного шагового двигателя значительно превышает максимальную скорость перемещения направляющей, что можно будет отрегулировать драйверами для шаговых двигателей.

2.4 Проверочный расчет болтовых соединений

Присоединение эвакуационной капсулы к беспилотному летательному аппарату будет осуществляться с помощью болтового соединения. Место соединения будет испытывать наибольшую нагрузку под действием веса эвакуационной капсулы с перевозимым в ней человеком. Схема соединения изображена на рисунке 2.13.

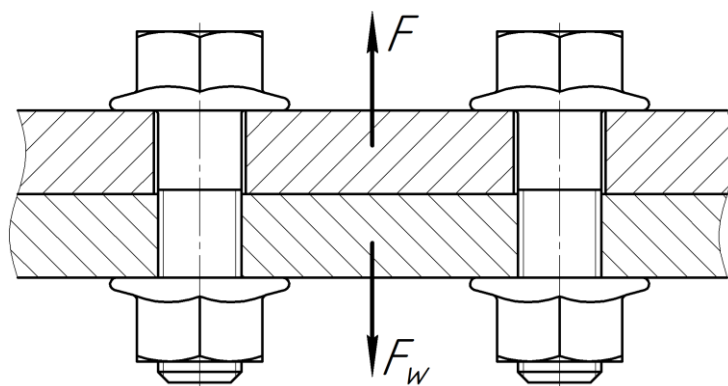


Рисунок 2.13 – Схема соединения эвакуационной капсулы и БПЛА

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ

Лист

46

Болтовое соединение будет осуществляться следующими стандартными изделиями:

- Болт ГОСТ 15589-70 – М20х65;
- Шайба ISO 7092 – 20-200HV;
- Гайка ГОСТ Р 50592-93 – М20-6Н.

Исходные данные для расчета:

Осевое усилие на болты: $F_w = 1430 \text{ Н}$.

Марка стали болтов: ст35.

Допускаемое напряжение при температуре 30 °С:

- на растяжение: $[\sigma] = 129,5 \text{ МПа}$;
- на срез: $[\tau] = 64,75 \text{ МПа}$.

Номинальный диаметр резьбы болта: $D = 20 \text{ мм}$.

Шаг резьбы болта: $P = 2,5 \text{ мм}$.

Диаметр резьбы по впадинам: $d_3 = 16,93 \text{ мм}$.

Коэффициент полноты резьбы:

- болта: $K_1 = 0,75$;
- гайки: $K_1 = 0,875$.

Коэффициент деформации витков: $K_m = 0,6$.

Коэффициенты наличия смазки:

$\zeta = 0,13$; $\zeta_1 = 0,26$.

Количество болтов: $z = 30$.

Расчет болтов на прочность

Площадь сечения болта:

$$A_w = \frac{1}{4} \pi d_3^2 \quad (2.12)$$

$$A_w = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16,93^2 = 225,1 \text{ мм}^2$$

Площадь сечения тела болта:

$$A_D = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (2.13)$$

$$A_D = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 20^2 = 314,2 \text{ мм}^2$$

Момент сопротивления сечения кручению:

$$W_w = \frac{1}{16} \pi d_3^3 \quad (2.14)$$

$$W_w = \frac{1}{16} \cdot \pi \cdot 16,93^3 = 952,8 \text{ мм}^3$$

Крутящий момент при затяжке:

$$M_k = \frac{\zeta F_w D}{z} \quad (2.15)$$

$$M_k = \frac{0,13 \cdot 1430 \cdot 0,02}{30} = 0,12 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент на ключе для обеспечения усилия F_w :

$$M_{kl} = \frac{\zeta_1 F_w D}{z} \quad (2.16)$$

$$M_{kl} = \frac{0,26 \cdot 1430 \cdot 0,02}{30} = 0,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Напряжения на растяжение и срез в болте должны удовлетворять следующим условиям:

$$\sigma_w \leq [\sigma] \quad (2.17)$$

$$\tau \leq [\tau] \quad (2.18)$$

Напряжения на растяжение:

$$\sigma_w = \frac{F_w}{A_w z} \quad (2.19)$$

$$\sigma_w = \frac{1430}{225,1 \cdot 30} = 0,21 \text{ МПа}$$

0,21 МПа < 129,5 МПа – условие выполняется

Напряжения среза резьбы:

$$\tau = \frac{F_w}{\pi d_3 z K_1 K_m} \quad (2.20)$$

$$\tau = \frac{1430}{\pi \cdot 16,93 \cdot 30 \cdot 0,75 \cdot 0,6} = 2 \text{ МПа}$$

2 МПа < 64,75 МПа – условие выполняется

Напряжения кручения:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_w} \quad (2.21)$$

$$\tau_k = \frac{0,12}{952,8} = \frac{120}{952,8} = 0,13 \text{ МПа}$$

Расчет по условию нераскрытия стыка

В рассматриваемом случае будут действовать напряжения от затяжки и момента, определяемые по следующим формулам:

$$\sigma_{зат} = \frac{F_{зат} \cdot z}{A_{ст}}; \quad (2.22)$$

$$\sigma_M = \frac{M}{W_{ст}}, \quad (2.23)$$

где $F_{зат}$ – сила затяжки болта, Н;

z – кол-во отверстий;

$A_{ст}$ – площадь стыка, мм²;

M – момент, действующий на стык, Н·м;

$W_{ст}$ – момент сопротивления изгибу для площади стыка, мм³.

Условие выбора напряжения затяжки:

$$\sigma_{зат} = K \cdot \sigma_M, \quad (2.24)$$

где $K = 2$ – коэффициент запаса по нераскрытию стыка.

Момент, действующий на стык, находится по следующей формуле:

$$M = G \cdot l. \quad (2.25)$$

где G – вес эвакуационной капсулы с перевозимым человеком, Н;

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

l – максимальная длина выхода внутренней капсулы, м.

Произведем расчет:

$$M = 2000 \cdot 1,9 = 3800 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Далее произведем расчет по формуле (2.23), а затем из условия (2.24) определим $\sigma_{зам}$ и из формулы (2.22) выразим и рассчитаем $F_{зам}$:

$$\sigma_M = \frac{3800}{\frac{1}{6} \cdot 390 \cdot 2300} = 0,03 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{зам} = 2 \cdot 0,03 = 0,06 \text{ МПа}$$

$$F_{зам} = \frac{\sigma_{зам} \cdot A_{ст}}{z} = \frac{0,06 \cdot 390 \cdot 2300}{30} = 1794 \text{ Н.}$$

Таким образом, была найдена необходимая сила затяжки болтов для нераскрытия стыка.

2.5 Предварительная оценка стоимости конструкции

Для создания прототипа беспилотного летательного аппарата для эвакуации людей из труднодоступных мест необходимо произвести закупку следующих основных изделий, приведенных в таблице 8.

Таблица 8 – Основные покупные изделия

№ п/п	Наименование	Кол-во	Ед.изм.	Стоимость, €	
				Цена за ед.	Цена
1	Мотор Hacker A200-8 kv110	4	шт	1050	4200
2	MasterSPIN 220 Pro	4	шт	500	2000
3	Зубчатый ремень 3М-30	6	м	6,6	40
4	Шкив зубчатый	4	шт	20,5	82
5	Двигатель шаговый NEMA 51	2	шт	360	720
6	Телескопическая направляющая	2	шт	3200	6400
Прочие изделия					1518000
ИТОГО					1530000

В итоге примерная стоимость составляет 1530000 €, что на сегодняшний курс составляет примерно 121 млн рублей.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Математическая модель

Квадрокоптер – летательный аппарат, который имеет четыре несущих винта, где два противоположных винта вращаются в одном направлении, а два других – в обратном. Маневрирование осуществляется при помощи изменения скоростей вращения винтов.

Необходимость создания математической модели обуславливается тем, что нужно как можно точнее описать управление летательным аппаратом. Квадрокоптер имеет шесть степеней свободы, но управлять можно только скоростями вращения винтов.

Рассмотрим квадрокоптер (рис. 3.1) с известными физическими параметрами, который осуществляет движение относительно неподвижной инерциальной системы отсчета, связанной с Землей. Инерциальная система задана перпендикулярными координатными осями Ox, Oy, Oz , ось Oz направлена противоположно вектору силы тяжести. С квадрокоптером связана система координат, центр которой размещен в центре масс аппарата, а оси Ox_B, Oy_B, Oz_B параллельны и сонаправлены с осями неподвижной системы. Угловое положение аппарата задается тремя параметрами: углами крена φ , тангажа θ и рыскания ψ , которые определяют вращение вокруг осей Ox_B, Oy_B, Oz_B .

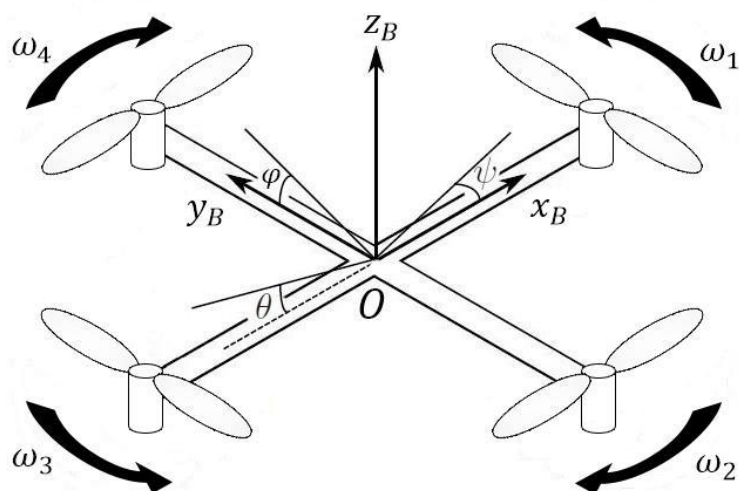


Рисунок 3.1 – Система координат квадрокоптера

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.1 Кинематические уравнения

В полученной системе координат линейные скорости зададим вектором V_B , а угловые – v :

$$V_B = \begin{bmatrix} v_{x,B} \\ v_{y,B} \\ v_{z,B} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$v = \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

На рисунке 3.2 изображена схема ориентации квадрокоптера с помощью углов крена, тангажа и рыскания, которая позволяет составить матрицы поворота аппарата.

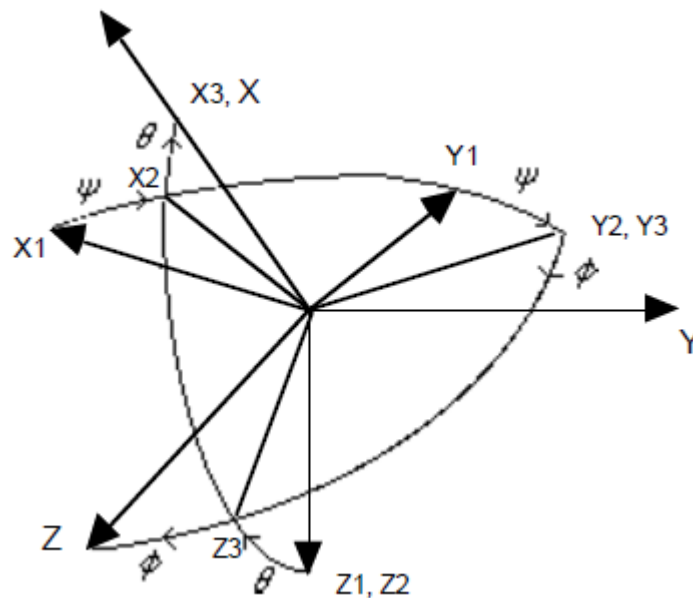


Рисунок 3.2 – Схема ориентации квадрокоптера в пространстве

Матрицы поворота аппарата будут иметь следующие виды:

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

$$\begin{bmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Объединим полученным матрицы и получим:

$$R = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \psi \cos \theta & \sin \psi \cos \theta & -\sin \theta \\ -\sin \psi \cos \varphi + \cos \psi \sin \theta \sin \varphi & \cos \psi \cos \varphi + \sin \psi \sin \theta \sin \varphi & \cos \theta \sin \varphi \\ \sin \psi \sin \varphi + \cos \psi \sin \theta \cos \varphi & -\cos \psi \sin \varphi + \sin \psi \sin \theta \cos \varphi & \cos \theta \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

Матрица поворота является ортогональной, значит матрица поворота в подвижной системе будет находиться следующим образом $R^{-1} = R^T$. Связь между линейными скоростями в инерциальной и подвижной системах координат задается следующим отношением:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} = R V_B \quad (3.7)$$

Получаем следующие соотношения для угловых скоростей:

$$\begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\sin \theta \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi \cos \theta \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\varphi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\varphi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \sin \varphi \operatorname{tg} \theta & \cos \varphi \operatorname{tg} \theta \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 & \frac{\sin \varphi}{\cos \theta} & \frac{\cos \varphi}{\cos \theta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

3.2 Динамические уравнения

Вектор скорости квадрокоптера в инерциальной системе обозначим v , тогда Второй закон Ньютона примет вид:

$$m_o \frac{dv}{dt} = F \quad (3.10)$$

где m_o – общая масса устройства, кг;

F – вектор суммарной силы, приложенной к нему, Н.

При переходе от неподвижной системы координат в подвижную, закон преобразуется следующим образом:

$$m_o \frac{dv}{dt} = m_o \left(\frac{d_B v}{dt} + w \times v \right) = F_B \quad (3.11)$$

где $\frac{d_B v}{dt}$ – линейное ускорение устройства относительно подвижной системы координат;

w – угловая скорость вращения подвижной системы относительно инерциальной, рад/с.

Управляющая сила вычисляется и прикладывается в подвижной системе координат, соответственно получаем следующее выражение:

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_{x,B} \\ \dot{v}_{y,B} \\ \dot{v}_{z,B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} rv_{y,B} - qv_{z,B} \\ pv_{z,B} - rv_{x,B} \\ qv_{x,B} - pv_{y,B} \end{bmatrix} + \frac{1}{m_o} \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

Второй закон Ньютона при вращательном движении в Земной неподвижной системе принимает следующий вид:

$$\frac{dL}{dt} = M \quad (3.13)$$

где L – угловой момент, $кг \cdot м^2/с$;

M – момент вращения силы, $Н \cdot м$.

При переходе от неподвижной системы координат в подвижную, закон преобразуется следующим образом:

$$\frac{dL}{dt} = \frac{d_B L}{dt} + w \times L = M_B \quad (3.14)$$

где $L = Jw_B$, а J – тензор инерции.

Примем квадрокоптер в качестве шара с радиусом R_k , и массой M_k . От центра данного шара, на расстоянии l , расположены материальные точки с массой m (рис. 3.3).

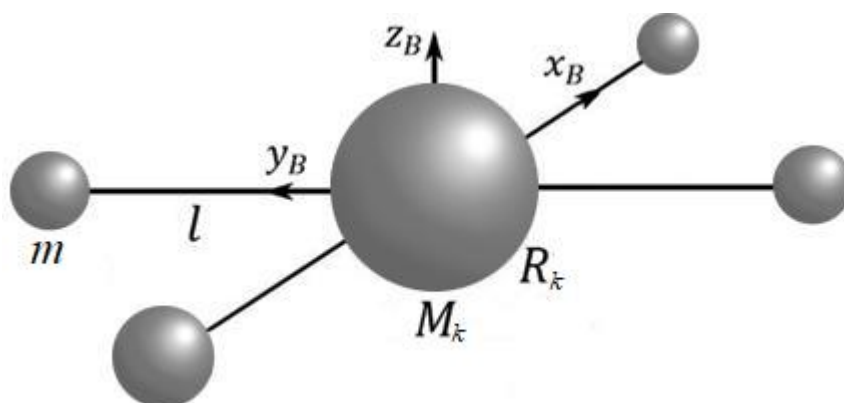


Рисунок 3.3 – Схематичное представление квадрокоптера

Принимаем квадрокоптер за симметричное тело, тогда тензор инерции будет иметь следующий вид:

$$J = \begin{bmatrix} J_x & 0 & 0 \\ 0 & J_y & 0 \\ 0 & 0 & J_z \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

где J_x , J_y , J_z – компоненты тензора, которые находятся по формулам:

$$J_x = J_y = \frac{2M_k R_k^2}{5} + 2l^2 m \quad (3.16)$$

$$J_z = \frac{2M_k R_k^2}{5} + 4l^2 m \quad (3.17)$$

Получаем, что угловые ускорения находятся следующим образом:

$$\begin{bmatrix} \dot{p} \\ \dot{q} \\ \dot{r} \end{bmatrix} = J^{-1} \left(\begin{bmatrix} 0 & r & -q \\ -r & 0 & p \\ q & -p & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_x & 0 & 0 \\ 0 & J_y & 0 \\ 0 & 0 & J_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} + M_B^T \right) \quad (3.18)$$

Представим M_B^T в виде:

$$M_B^T = \begin{bmatrix} \tau_\varphi \\ \tau_\theta \\ \tau_\psi \end{bmatrix} \quad (3.19)$$

Тогда окончательно получаем, что угловые ускорения равны:

$$\begin{bmatrix} \dot{p} \\ \dot{q} \\ \dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{J_y - J_z}{J_z} qr \\ \frac{J_z - J_x}{J_y} pr \\ \frac{J_x - J_y}{J_z} pq \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{J_x} \tau_\varphi \\ \frac{1}{J_y} \tau_\theta \\ \frac{1}{J_z} \tau_\psi \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

3.3 Модель для управления

Добавим к модели квадрокоптера (формулы 3.7 – 3.9, 3.12, 3.20) выражения, описывающие силы и крутящие моменты, действующие на устройство (рис. 3.4).

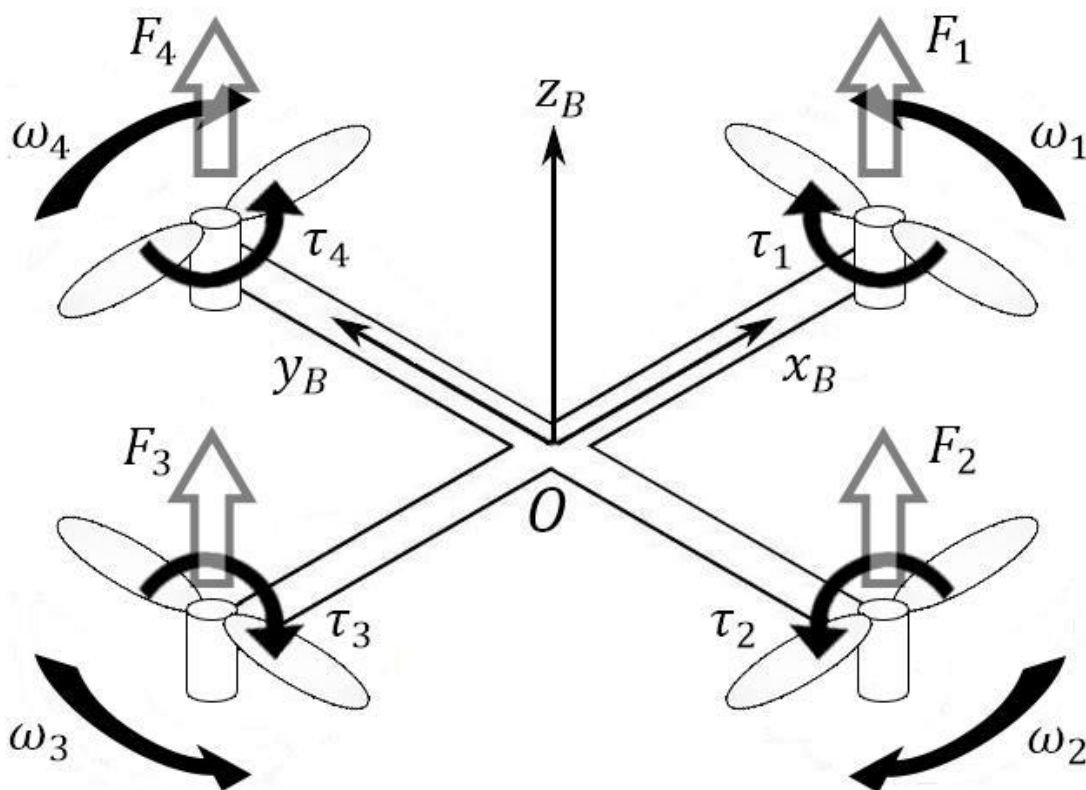


Рисунок 3.4 – Действующие на квадрокоптер силы и крутящие моменты

Подъемная сила и крутящие моменты винтов прямо пропорциональны квадрату скорости их вращения [20] и находятся по следующим формулам:

$$F = k(\omega_1^2 + \omega_2^2 + \omega_3^2 + \omega_4^2) \quad (3.21)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\tau_\varphi = lk(\omega_4^2 - \omega_2^2) \quad (3.22)$$

$$\tau_\theta = lk(\omega_3^2 - \omega_1^2) \quad (3.23)$$

$$\tau_\psi = b(-\omega_1^2 + \omega_2^2 - \omega_3^2 + \omega_4^2) \quad (3.24)$$

где ω_i – скорость вращения i -го винта, рад/с;

k, b – постоянные, определяемые экспериментально.

На квадрокоптер действует сила тяжести:

$$F_g = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -m_o g \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

В подвижной системе координат формула 3.25 примет следующий вид:

$$F_{g,B} = \begin{bmatrix} m_o g \sin \theta \\ -m_o g \sin \varphi \cos \theta \\ -m_o g \cos \varphi \cos \theta \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

Подставим полученные выражения в формулу 3.12 и получаем:

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_{x,B} \\ \dot{v}_{y,B} \\ \dot{v}_{z,B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} rv_{y,B} - qv_{z,B} \\ pv_{z,B} - rv_{x,B} \\ qv_{x,B} - pv_{y,B} \end{bmatrix} - g \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \frac{F}{m_o} \begin{bmatrix} \sin \theta \\ -\sin \varphi \cos \theta \\ -\cos \varphi \cos \theta \end{bmatrix} \quad (3.27)$$

Считаем, что углы φ и θ малы и ими можно пренебречь, тогда формула 3.9 принимает следующий вид:

$$\begin{bmatrix} \dot{\varphi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \quad (3.28)$$

Аналогично считаем, что компоненты qr, pr, pq формулы 3.20 малы, тогда получаем:

$$\begin{bmatrix} \dot{p} \\ \dot{q} \\ \dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{J_x} \tau_\varphi \\ \frac{1}{J_y} \tau_\theta \\ \frac{1}{J_z} \tau_\psi \end{bmatrix} \quad (3.29)$$

С учетом данного выражения, получаем, что производная 3.28 будет следующей:

$$\begin{bmatrix} \ddot{\varphi} \\ \ddot{\theta} \\ \ddot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{J_x} \tau_\varphi \\ \frac{1}{J_y} \tau_\theta \\ \frac{1}{J_z} \tau_\psi \end{bmatrix} \quad (3.30)$$

Пренебрегая \dot{R} продифференцируем формулу 3.7:

$$\begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{bmatrix} = R\dot{V}_B \quad (3.31)$$

Инерциальная система является неподвижной, тогда формулу 3.27 можно подставить в формулу 3.31, отбросив первое слагаемое:

$$\begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{bmatrix} = -g \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \frac{F}{m_o} \begin{bmatrix} \cos\psi \sin\theta \cos\varphi + \sin\psi \sin\varphi \\ \sin\psi \sin\theta \cos\varphi - \cos\psi \sin\varphi \\ \cos\varphi \cos\theta \end{bmatrix} \quad (3.32)$$

К данной системе необходимо дополнить силу аэродинамического сопротивления [6]:

$$F_a = c_d \frac{\rho v^2}{2} S \quad (3.33)$$

где c_d – коэффициент аэродинамической силы;

ρ – плотность воздуха, $кг/м^3$;

v – скорость набегающего потока воздуха, м/с;

S – площадь поверхности аппарата, на которую воздействует набегающий поток, m^2

Совместив все выражения получаем следующую математическую модель квадрокоптера:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{x} = (\cos \psi \sin \theta \cos \varphi + \sin \psi \sin \varphi) \frac{F}{m_o} - \text{sign}(\dot{x}) c_d \frac{\rho \dot{x}^2}{2} S_x \\ \ddot{y} = (\sin \psi \sin \theta \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi) \frac{F}{m_o} - \text{sign}(\dot{y}) c_d \frac{\rho \dot{y}^2}{2} S_y \\ \ddot{z} = \cos \varphi \cos \theta \frac{F}{m_o} - g - \text{sign}(\dot{z}) c_d \frac{\rho \dot{z}^2}{2} S_z \\ \ddot{\varphi} = \frac{1}{J_x} \tau_\varphi \\ \ddot{\theta} = \frac{1}{J_y} \tau_\theta \\ \ddot{\psi} = \frac{1}{J_z} \tau_\psi \end{array} \right. \quad (3.34)$$

Таким образом, описываются линейные и угловые ускорения, а следовательно, и местоположение квадрокоптера.

4 Интеллектуальная программа распознавания объектов для беспилотного летательного аппарата

4.1 Постановка задачи

Для выполнения задачи используется dataset «sdd lacmus version» с изображениями, которые были получены с БПЛА. Совместно со снимками в dataset присутствует файл с разметкой для обучения, который указывает на положение людей на снимках. Данный dataset представлен разработчиками кроссплатформенного приложения Lacmus, которое помогает найти потерявшихся людей с помощью компьютерного зрения и нейронных сетей. Для макета программного обеспечения было взято 1133 изображений для обучения и 48 изображений для тестирования. На рисунке 4.1 представлен пример такого снимка.



Рисунок 4.1 – Пример снимка из dataset «sdd lacmus version»

Обучение нейросети будет осуществляться на фрагментах изображений размером 66x83. Пример фрагмента изображения представлен на рисунке 4.2.

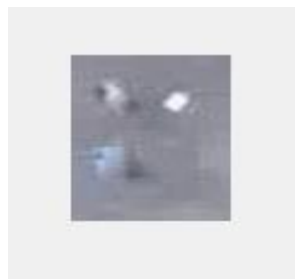


Рисунок 4.2 – Пример фрагмента изображения для обучения ИНС

Обучение искусственной нейронной сети (ИНС) будет производиться с помощью модуля nnstart программного комплекса Matlab (временная лицензия для студентов).

4.2 Программа для подготовки данных

Программа для подготовки данных на основе dataset фотографий и файла с разметкой местоположения людей на фото осуществляет подготовку данных для обучения ИНС. На выходе программа сохраняет mat файл с матрицами inputs (входные данные для обучения) и targets (данные разметки). Каждое изображение dataset разбивается на сэмплы (sample) размером 50x50 пикселей и разворачиваются в вектор-строку. Для каждого сэмпла определяется наличие или отсутствие на нем людей. На рисунке 4.3 представлены примеры сэплов из фрагмента изображения и соответствующая для них разметка. Листинг кода представлен в приложении В.

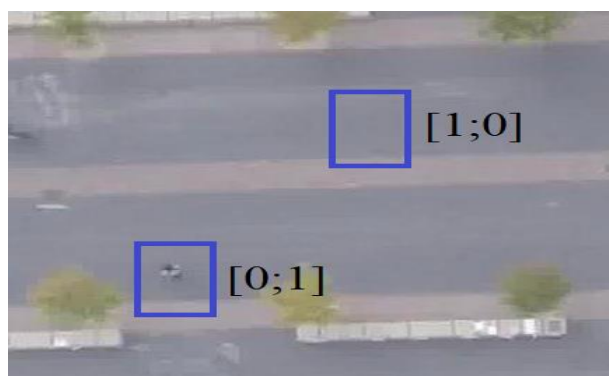



Рисунок 4.3 – Примеры сэплов для обучения

Программа для подготовки данных «prepare_data» имеет следующие атрибуты:

- Наименование исполняемого файла - prepare_data.m
- Размер исполняемого файла - 2 303 байт
- «Иконка» исполняемого файла - 
- Исходное имя файла - prepare_data.m
- Язык - English (United States)

Системные программные средства, используемые программой `step.m`, должны быть представлены локализованной версией операционной системы Windows 7/8/8.1/10.

Также для функционирования программы `prepare_data.m` на ПК необходимо предустановленное программное обеспечение MatLab (версии не ниже 2013b). Программа MatLab должна быть установлена в каталог `C:\Program Files\MATLAB\`. Для установки данной программы необходимо скачать пробную версию и временную лицензию для студентов с сайта <https://matlab.ru/education/student-trial>, запустить установочный файл и следовать указаниям установщика.

Исходным языком программирования для «`prepare_data.m`» является язык программирования среды MatLab.

Программа «`prepare_data.m`» работает под управлением ОС Windows 7/8/8.1/10. Основной функцией программы «`prepare_data.m`» является вызов из каталога `C:\Program Files\MATLAB\...\bin\` программы `matlab.exe`. Дополнительно программа `step.m` проверяет наличие по указанному пути (`C:\Program Files\MATLAB\...\bin\`) исполняемого модуля программы `matlab.exe`, в случае его отсутствия, выдается сообщение «Файл `matlab.exe` не найден, переустановите программу».

Основная задача программы `prepare_data` – подготовка данных на основе файлов изображений для обучения ИНС. Программа «`prepare_data.m`» не имеет функциональных ограничений на применение.

Программа «`prepare_data.m`» состоит из одной запускаемой формы и не имеет других составных частей.

Программа «`prepare_data.m`» в ходе своей работы запускает программу «MatLab», поэтому для ее функционирования необходимо предустановленная в каталог «`C:\Program Files\MATLAB\`» программа `matlab.exe` (версии не ниже 2013b).

Описание работы программы по блок-схеме, представленной на рисунках 4.4 и 4.5:

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

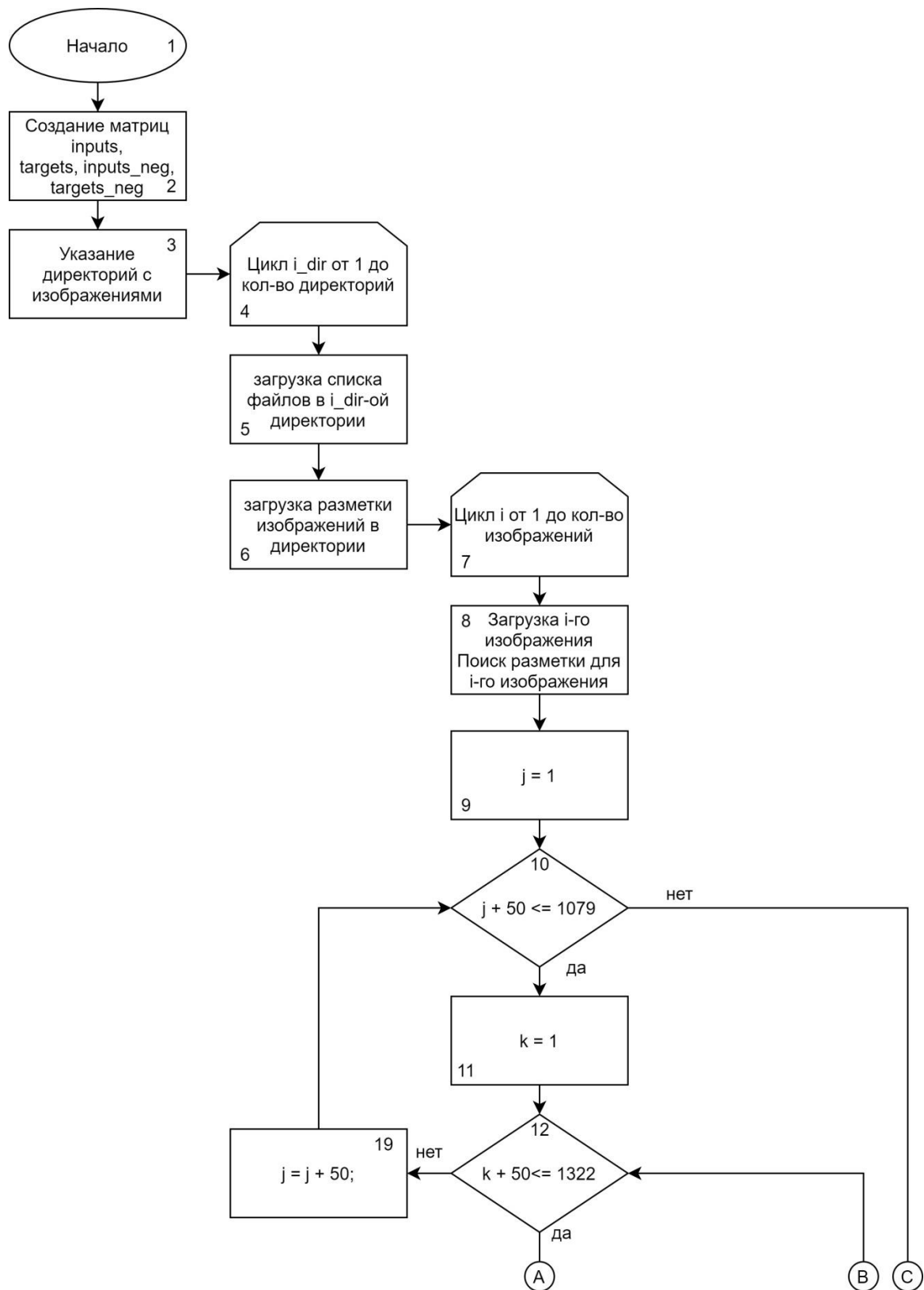


Рисунок 4.4 – Блок-схема программы «prepare_data»

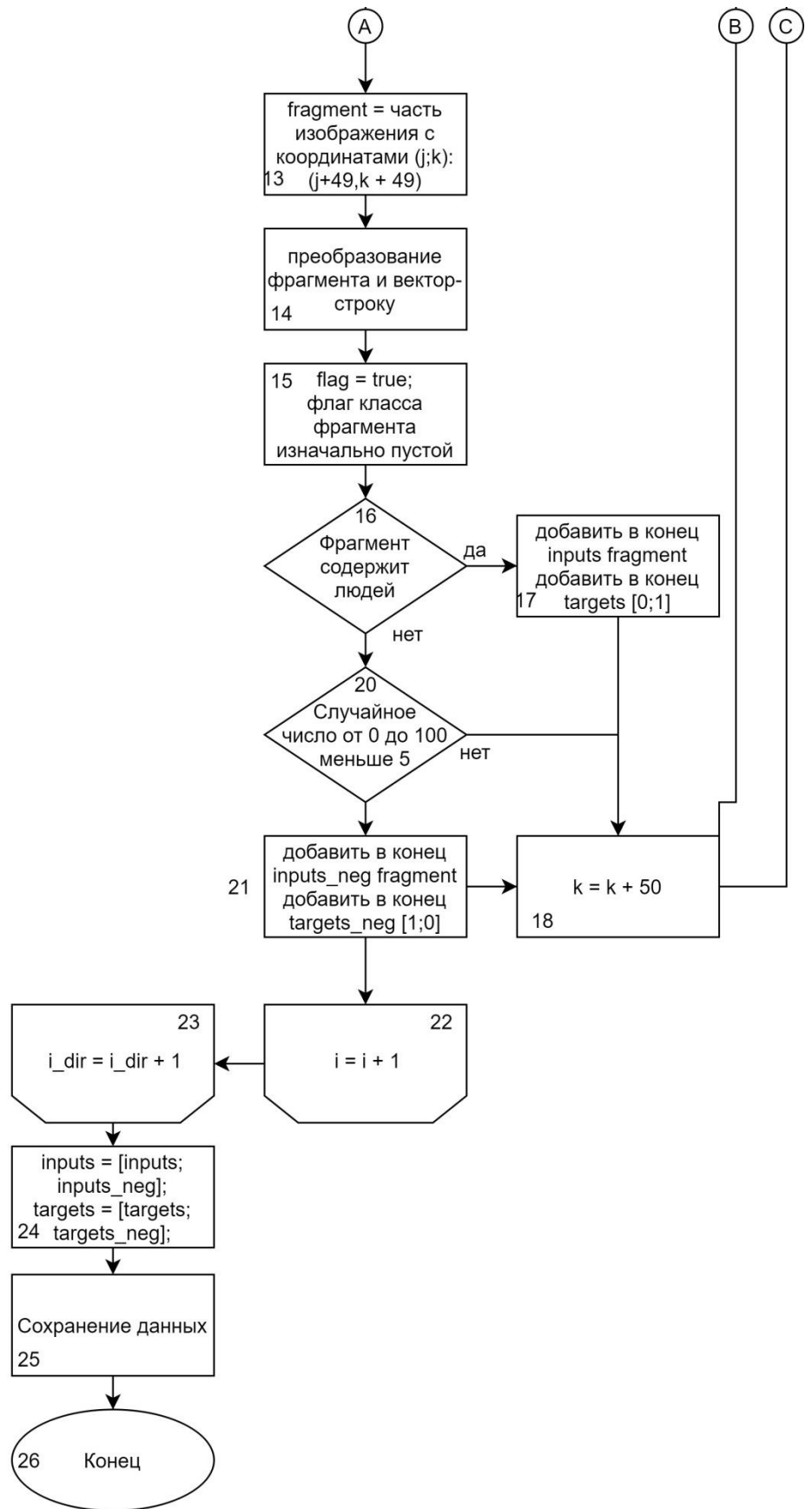


Рисунок 4.5 – Блок-схема программы «prepare_data» (продолжение)

Блок №1. Начало программы.

Блок №2. Создание матриц inputs, targets, inputs_neg, targets_neg.

Блок №3. Объявление названия папок с изображениями для обучения.

Блок №4. Цикл для перебора всех папок.

Блок №5. Занесение имен файлов в указанной папке в массив.

Блок №6. Для соответствующей папки с изображениями загружается файл с разметкой, в котором указано положение людей на снимках.

Блок №7. Цикл для перебора всех изображений в папке.

Блок №8. Загрузка изображения в матрицу и поиск координат людей на изображении.

Блок №9. Сброс положения сэмпла по координате y.

Блок №10. Проверка условия достижения крайней координаты y.

Блок №11. Сброс положения сэмпла по координате x.

Блок №12. Проверка условия достижения крайней координаты x.

Блок №13. Выделение сэмпла.

Блок №14. Преобразование сэмпла в обучающий пример.

Блок №15. Сброс флага наличия людей на фрагменте снимка.

Блок №16. Проверка условия наличия людей на фрагменте снимка.

Блок №17. Обновление матриц inputs и targets.

Блок №18. Обновление положения координаты x.

Блок №19. Обновление положения координаты y.

Блок №20. Проверка случайного числа для отсечения части негативных примеров.

Блок №21. Обновление матриц inputs_neg и targets_neg.

Блок №22. Инкрементация для перебора изображений.

Блок №23. Инкрементация для перебора папок.

Блок №24. Слияние матриц негативных и положительных примеров.

Блок №25. Сохранение матриц inputs и targets в mat файл.

Блок №26. Конец программы.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

4.3 Программа для обучения ИНС

Для работы программы необходимо загрузить подготовленные для обучения данные. Для обучения сети используется модель `nnstart`. На рисунке 4.6 представлена архитектура используемой сети. Результатом выполнения программы является сохраненная в `mat` файл обученная нейросеть. Также выводятся информационные графики, которые показывают процесс обучения ИНС. В консоль выводится точность сети на тестовой выборке. Листинг кода представлен в приложении Г.

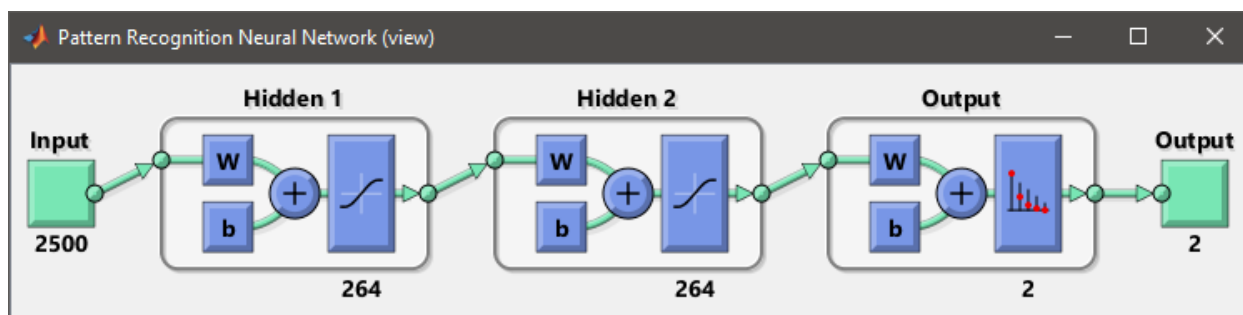



Рисунок 4.6 – Архитектура ИНС

Программа для подготовки данных «`train_data`» имеет следующие атрибуты:

- Наименование исполняемого файла - `train_data.m`
- Размер исполняемого файла - 929 байт
- «Иконка» исполняемого файла - 
- Исходное имя файла - `train_data.m`
- Язык - English (United States)

Системные программные средства, используемые программой `step.m`, должны быть представлены локализованной версией операционной системы Windows 7/8/8.1/10.

Также для функционирования программы `train_data.m` на ПК необходимо предустановленное программное обеспечение MatLab (версии не ниже 2013b). Программа MatLab должна быть установлена в каталог `C:\Program Files\MATLAB\`. Для установки данной программы необходимо скачать пробную версию и

временную лицензию для студентов с сайта <https://matlab.ru/education/student-trial>, запустить установочный файл и следовать указаниям установщика.

Исходным языком программирования для «train_data.m» является язык программирования среды MatLab.

Программа «train_data.m» работает под управлением ОС Windows 7/8/8.1/10. Основной функцией программы «train_data.m» является вызов из каталога C:\Program Files\MATLAB\...\bin\ программы matlab.exe. Дополнительно программа step.m проверяет наличие по указанному пути (C:\Program Files\MATLAB\...\bin\) исполняемого модуля программы matlab.exe, в случае его отсутствия, выдается сообщение «Файл matlab.exe не найден, переустановите программу».

Основная задача программы train_data – обучение ИНС для классификации изображений на присутствие на них людей. Программа «train_data.m» не имеет функциональных ограничений на применение.

Программа «train_data.m» состоит из одной запускаемой формы и не имеет других составных частей.

Программа «train_data.m» в ходе своей работы запускает программу «MatLab», поэтому для ее функционирования необходимо предустановленная в каталог «C:\Program Files\MATLAB\» программа matlab.exe (версии не ниже 2013b).

Описание работы программы по блок-схеме, представленной на рисунке 4.7:

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

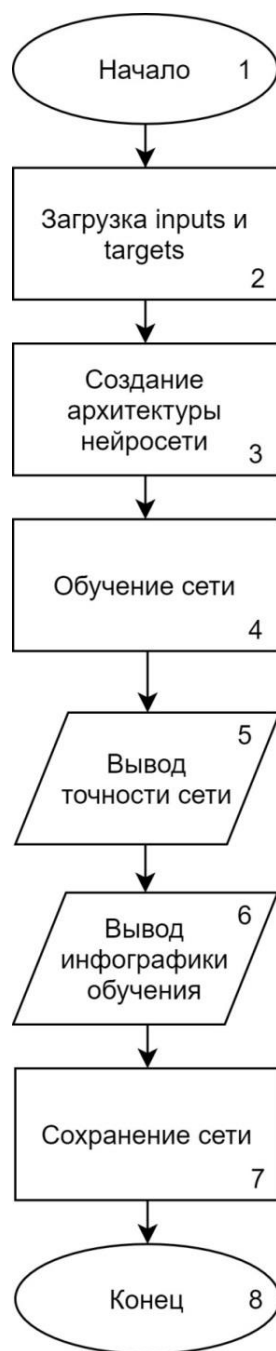


Рисунок 4.7 – Блок-схема программы «train_data»

Блок №1. Начало программы.

Блок №2. Загрузка матриц inputs, targets.

Блок №3. Создание архитектуры нейросети, а именно: определение количества слоев, оптимизатора, распределения выборок, эпох обучения.

Блок №4. Запуск процесса обучения ИНС.

Блок №5. Вывод в консоль точности сети на тестовой выборке.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Блок №6. Вывод графиков обучения сети, а именно: график изменения ошибки и градиента, изображение структуры сети.

Блок №7. Сохранение обученной сети в mat файл.

Блок №8. Конец программы.

4.4 Результаты обучения

Для обучения ИНС использовалась архитектура сети с двумя скрытыми слоями. Для оптимизации применялся метод сопряженного градиента для обратного распространения. Набор данных для обучения состоял из 42206 примеров разбитых на обучающую, валидационную и тестовую выборки. Для предотвращения переобучения использовалась валидационная проверка – если ошибка на валидационной выборке не падает в течение 6 эпох, то обучение останавливается. На рисунке 4.8 представлен график изменения точности ИНС на тестовых данных в зависимости от количества нейронов.

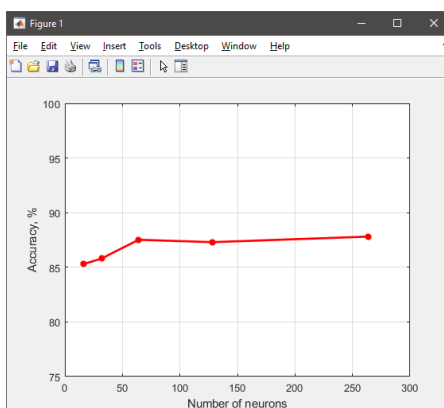


Рисунок 4.8 – График изменения точности ИНС

Наибольшая точность была получена при 264 нейронах на скрытых слоях. На рисунке 4.9 представлен график изменения ошибки от количества пройденных эпох обучения.

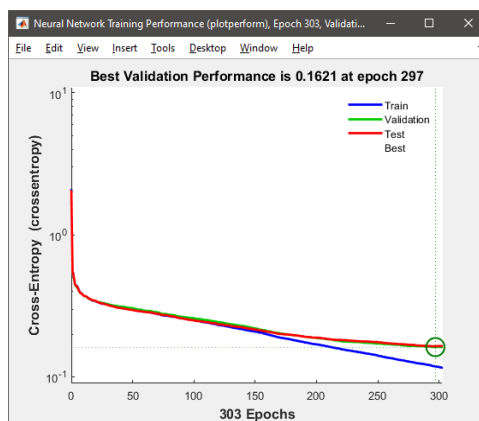


Рисунок 4.9 – График изменения ошибки от количества пройденных эпох обучения

Для увеличения точности сети есть несколько направлений, среди которых: увеличение количества нейронов скрытого слоя, увеличение dataset, усложнение архитектуры ИНС.

4.5 Программа для тестирования ИНС

При выполнении программы загружается обученная ранее ИНС. Затем пользователь указывает путь до изображения, на котором будет происходить обнаружение людей. Полученное изображение разбивается на сэмплы размером 50x50. Каждый сэмпл подается на вход ИНС. Если сеть показывает, что на нем присутствует человек, то данный сэмпл на изображении помещается в прямоугольную рамку. На рисунке 4.10 представлено изображение, полученное в ходе работы программы. В данном обработанном изображении наблюдается одно ложное срабатывание, а также одна из зон с людьми осталась неотмеченной. Листинг кода представлен в приложении Д.

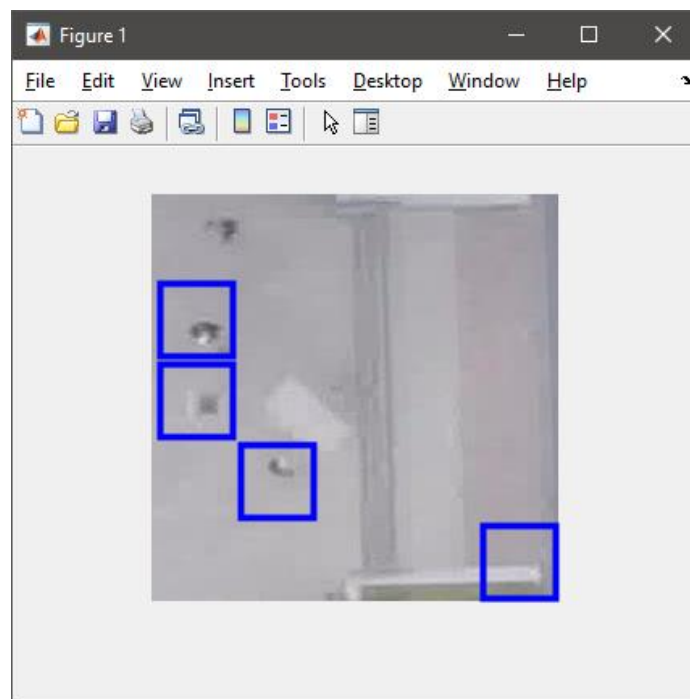



Рисунок 4.10 – Тестовое изображение с отмеченными на нем зона с людьми

Программа для подготовки данных «test_data» имеет следующие атрибуты:

- Наименование исполняемого файла - test_data.m
- Размер исполняемого файла - 953 байт
- «Иконка» исполняемого файла - 
- Исходное имя файла - test_data.m
- Язык - English (United States)

Системные программные средства, используемые программой step.m, должны быть представлены локализованной версией операционной системы Windows 7/8/8.1/10.

Также для функционирования программы test_data.m на ПК необходимо предустановленное программное обеспечение MatLab (версии не ниже 2013b). Программа MatLab должна быть установлена в каталог C:\Program Files\MATLAB\. Для установки данной программы необходимо скачать пробную версию и временную лицензию для студентов с сайта <https://matlab.ru/education/student-trial>, запустить установочный файл и следовать указаниям установщика.

Исходным языком программирования для «test_data.m» является язык программирования среды MatLab.

Программа «test_data.m» работает под управлением ОС Windows 7/8/8.1/10. Основной функцией программы «test_data.m» является вызов из каталога C:\Program Files\MATLAB\...\bin\ программы matlab.exe. Дополнительно программа step.m проверяет наличие по указанному пути (C:\Program Files\MATLAB\...\bin\) исполняемого модуля программы matlab.exe, в случае его отсутствия, выдается сообщение «Файл matlab.exe не найден, переустановите программу».

Основная задача программы test_data – тестирование ИНС для распознавания людей и выделение соответствующих зон на изображении. Программа «test_data.m» не имеет функциональных ограничений на применение.

Программа «test_data.m» состоит из одной запускаемой формы и не имеет других составных частей.

Программа «test_data.m» в ходе своей работы запускает программу «MatLab», поэтому для ее функционирования необходимо предустановленная в каталог «C:\Program Files\MATLAB\» программа matlab.exe (версии не ниже 2013b).

Описание работы программы по блок-схеме, представленной на рисунке 4.11:

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72

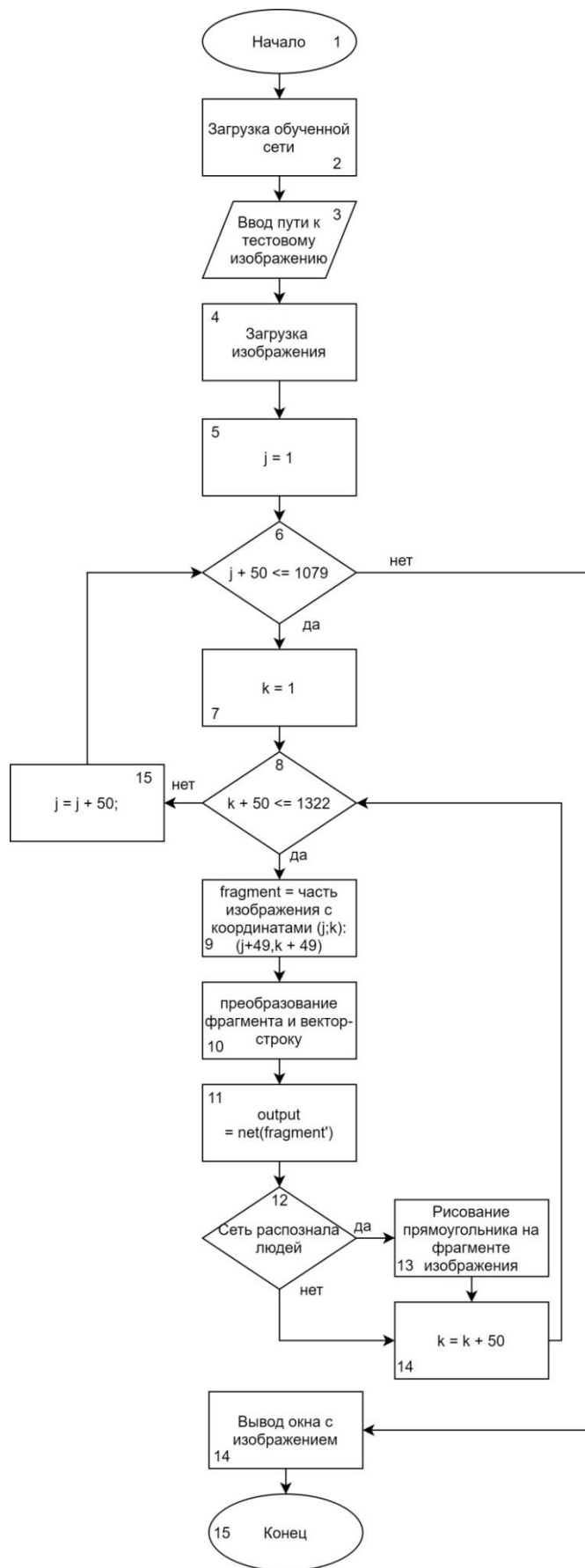


Рисунок 4.11 – Блок схема программы «test_data»

Блок №1. Начало программы.

Блок №2. Загрузка обученной ИНС.

Блок №3. Ввод пути до тестового изображения.

Блок №4. Загрузка изображения в матрицу.

Блок №5. Сброс положения сэмпла по координате у.

Блок №6. Проверка условия достижения крайней координаты у.

Блок №7. Сброс положения сэмпла по координате х.

Блок №8. Проверка условия достижения крайней координаты х.

Блок №9. Выделение сэмпла.

Блок №10. Преобразование сэмпла в обучающий пример.

Блок №11. Расчет выхода ИНС.

Блок №12. Проверка условия обнаружения сетью людей на фрагменте.

Блок №13. Отрисовка прямоугольника, указывающего на присутствие людей на фрагменте изображения.

Блок №14. Обновление положения координаты х.

Блок №15. Обновление положения координаты у.

Блок №16. Конец программы.

В ходе выполнения работы была разработана программа поиска людей на снимках с БПЛА для последующей эвакуации. Также было выполнено тестирование полученной программы. Точность обнаружения на тестовых данных составила примерно 87%. При разработке ПО для реального объекта необходимо использовать более продвинутые архитектуры ИНС, а также использовать большее количество данных для обучения. При этом при увеличении количества данных и сложности нейросетей возникает необходимость в применении более мощных компьютеров, либо специальных серверов.

Закключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были проанализированы виды беспилотных летательных аппаратов и выбран наиболее подходящий, была изучена информация по грузовым беспилотным воздушным судами с целью применения их для эвакуации пострадавших при различных ЧС.

Грузовые дроны не являются экзотикой, их используют для решения различных задач. Широкое применение квадрокоптеры с большой грузоподъемностью на данный момент находят в сельском хозяйстве, в кинематографе. В перспективе они появятся в курьерских службах. Стоимость таких беспилотников достаточно высока, но это необходимо для увеличенной надежности и грузоподъемности.

Главными препятствиями для того, чтобы использовать дроны для чего-то важного в нашей стране являются вовсе не высокая стоимость и затянутая окупаемость проекта. Основные проблемы внедрения – преступность и проблемы законодательной базы. Полноценной законодательной базы коммерческой для передачи грузов при помощи мультикоптеров и прочих беспилотных летательных аппаратов не существует нигде.

Дополнительным ограничением является то, что в отличие от полноразмерных воздушных суден дроны могут летать далеко не на всех территориях. И основным препятствием в этом являются вовсе не объекты общего гражданского пользования, а именно частные охраняемые территории, такие как объекты недвижимости, принадлежащие высокопоставленным чиновникам. Эта проблема усложняется тем, что для подобных летательных аппаратов уже созданы специальные системы, сбивающие курс дрона, перенаправляющие его и ликвидирующие беспилотный объект.

Для разработки есть ряд ограничений, одним из которых является принятый 27 сентября 2019 года в Российской Федерации закон об учете и регистрации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		75

Согласно закону о беспилотных летательных аппаратах, учету подлежат дроны массой от 250 грамм до 30 кг. Беспилотникам разрешено летать на высоте до 150 метров и вдали от людей — на расстоянии от 50 метров.

Беспилотники массой от 30 килограмм нужно регистрировать в том же порядке, что и пилотируемые воздушные суда. За сутки до полета нужно согласовать план передвижения. За два часа до вылета – сообщить о готовности, после взлета – о факте вылета, после приземления – о завершении полета. Полеты возможны только вне диспетчерских зон. Нельзя проводить полеты и съемку в запретных зонах и зонах ограничения полетов.

БПЛА для эвакуации пострадавших из труднодоступных мест может быть использован в медицинских учреждениях, в районах с потенциально опасными географическими зонами, подразделениях МЧС и в армейских подразделениях Российской Федерации, что, возможно, нивелирует ограничения недавнего закона.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		76

Список использованных источников

1. Амелин, К.С. Метод ориентирования сверхлегкого БПЛА при редком обновлении данных о его местоположении // Стохастическая оптимизация в информатике. – 2014. – №10 (2). – С. 3-14.

2. Анненкова, Ж.Е. Разработка мехатронного дыхательного аппарата при реабилитации пациентов с нарушениями дыхательной функции / Ж.Е. Анненкова, А.В. Горин, В.В. Романов // Перспективы отраслевого взаимодействия в комплексной реабилитации: материалы II Международной научно-практической конференции (24-25 октября 2019 года, г. Орёл). – 2019. – С. 10-13.

3. Гурьянов, А.Е. Моделирование управления квадрокоптером // Электронный научно-технический журнал Инженерный вестник. – 2014. – №8 – С. 522-534.

4. Егоров, О. Д. Мехатронные модули. Расчет и конструирование: Учебное пособие / О. Д. Егоров, Ю. В. Подураев. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2004. – 360 с.

5. Каршов, Р.С. Классификация беспилотных летательных аппаратов // Проблемы Науки. – 2016. – №11 (53). – С. 38-40.

6. Мартынов, А.К. Экспериментальная аэродинамика / А.К. Мартынов. – Москва: Государственное издательство оборонной промышленности, 1950. – 479 с.

7. Сенюшкин, Н.С. Применение композиционных материалов в конструкции БПЛА / Н.С. Сенюшкин, Р.Р. Ямалиев, Л.Р. Ялчибаева // Молодой ученый. – 2011. – №4. Т.1. – С. 59-61.

8. Шутин, Д.В. Повышение энергоэффективности беспилотных летательных аппаратов за счет применения новых подходов в проектировании и изготовлении корпусных изделий / Д.В. Шутин, В.В. Романов, Н.В. Токмаков // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век.: материалы XVII международной научно-практической конференции (2 – 4 декабря 2019 г., г. Орёл). – 2019. – С. 226-229.

9. Пат. RU 139238 U1, МПК: А62В 99/00. Беспилотный летательный комплекс первой помощи / Богомолов А.В., Алёхин М.Д., Русскин А.В.; патентообладатель

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		77

Богомолов А.В., Алёхин М.Д., Русскин А.В. – № 2013151121/12; заявл. 18.11.2013; опубл. 10.04.2014 Бюл. № 10. – С. 10.

10. Пат. RU 2694528 С1, МПК: А62В 99/00. Способ проведения поисково-спасательных работ / Шерстнев В.В., Бодин О.Н., Безбородова О.Е. и др.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью (ООО) "Кардиовид". – №2018139491; заявл. 07.11.18; опубл. 16.07.19, Бюл. № 20. – С. 31

11. Пат. RU 2658466 С1, МПК: А61В 5/04. Переносной и транспортируемый изолируемый роботизированный эвакуационный медицинский модуль / Садовничий В.А., Соколов М.Э., Подольский В.Е., и др.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова" (МГУ). – № 2017144637; заявл. 19.12.2017; опубл. 21.06.2018, Бюл. № 18. – С. 37.

12. Пат. RU 2698893 С1, МПК: А62В 99/00, В64С 39/02. Способ проведения поисково-спасательных работ / Борисов Е.Г., Талан А.С., Типикина К.С., Киртянова О.Н.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "ТехноСтандарт" (ООО "ТехноСтандарт"). – № 2018146345; заявл. 24.12.2018; опубл. 30.08.2019, Бюл. № 25. – С. 19.

13. Пат. RU 2706765 С1, МПК: В64С 27/08, В64С 39/02. Модульный многовинтовой беспилотный летательный аппарат вертикального взлета и посадки и способ управления им / Галимов М.М., Афанасьев И.М., Данилов И.Ю., Липатов А.Н.; патентообладатель Автономная некоммерческая организация высшего образования "Университет Иннополис". – № 2018123436; заявл. 27.06.2018; опубл. 20.11.2019, Бюл. № 32. – С. 30.

14. Пат. RU 2657164 С1, МПК: G08G 5/00, G05D 1/00, В64С 39/00. Система удалённого наблюдения и управления беспилотными летательными аппаратами / Разроев Э.А.О., Спинко В.Е.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Аэроксо". – № 2016152047; заявл. 27.12.2016; опубл. 08.06.2018, Бюл. № 16. – С. 14.

15. Пат. US 2019/0283874 А1, МПК: В64С 27/08, В64С 39/02. Passenger carrying unmanned aerial vehicle powered by a hybrid generator system / Long N. Phan,

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Samir Nayfeh, Eli M. Davis; патентообладатель Top Flight Technologies, Inc. – № 16/416,344; заявл. 20.05.2019; опубл. 19.09.2019. – С. 34.

16. Пат. JP 2017-210078 A, МПК: B64C 39/02, B64C 13/20, B64C 27/08, B64D 47/08, B64D 1/22. Human life rescue device / Yuichiro Niizaki, Yunito Niizaki. – № 2016-103893; заявл. 25.05.2016; опубл. 30.11.2017. – С. 9.

17. Пат. JP 2017213951, МПК: B64C 39/02, B64C 13/18, B64C 25/58. Unmanned aircraft, rescue system and rescue method / Yusuke Sekine, Shinya Sano, Chisato Iwakiri, Ryota Yamane. – №2016-107764; заявл. 30.05.2016; опубл. 07.12.2017. – С. 24.

18. Пат. CN 108216606, МПК: B64C 27/08, B64D 47/00, B64D 47/08. A kind of high-rise fire rescues search unmanned plane temporarily / Wang Zhicheng. – № 201810098994.3; заявл. 31.01.2018; опубл. 29.06.2018. – С. 8.

19. Alderete, T.S. Simulator Aero Model Implementation – NASA Ames Research Center, Mof-fett Field, California. – p. 1-21.

20. Luukkonen, T. Modelling and Control of Quadcopter // School of Science – 2011. – P. 26.

					<i>ВКР.20.15.04.06.о.11.00.000 РПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

Приложение А. Конструкторская документация

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			ВКР.20.15.04.06.а.11.00.000 СБ	Сборочный чертеж	1	
				<u>Сборочные единицы</u>		
A1	1		ВКР.20.15.04.06.а.11.10.000 СБ	БПЛА ГТЭ	1	
A2	2		ВКР.20.15.04.06.а.11.20.000 СБ	Эвакуационная капсула	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		5		Винт М20х60 ГОСТ 15589-70	10	
		6		Винт М20х65 ГОСТ 15589-70	30	
		7		Гайка М20-6Н ГОСТ Р 50592-93	30	
		8		Шайба 20-200HV ISO 7092	30	

ВКР.20.15.04.06.а.11.00.000

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Романов	<i>Романов</i>	26.06
Проб.		Щупин	<i>Щупин</i>	26.06
Н.контр.		Сытин	<i>Сытин</i>	26.06
Утв.		Поляков	<i>Поляков</i>	26.06

БПЛА для эвакуации людей
из труднодоступных мест

Лит	Лист	Листов
		1

ОГУ им. И.С. Тургенева
гр. 81МХ-М
Формат А4

Копировал

№ п/п	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
		<u>Документация</u>		
	ВКР.20.15.04.06.а.11.20.000 СБ	Сборочный чертеж		
		<u>Детали</u>		
1	ВКР.20.15.04.06.а.11.20.001	Внешняя капсула	1	
2	ВКР.20.15.04.06.а.11.20.002	Внутренняя капсула	1	
3	ВКР.20.15.04.06.а.11.20.003	Крепление под двигатель	1	
4	ВКР.20.15.04.06.а.11.20.004	Крепление под обратный ролик	1	
5	ВКР.20.15.04.06.а.11.20.005	Уголок	2	
		<u>Стандартные изделия</u>		
		Винты с шестигранной головкой с фланцем ГОСТ ISO 15071		
10		M10x35	104	
11		M12x50	32	
12		M12x55	12	

ВКР.20.15.04.06.а.11.20.000

№ п/п	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Романов	Романов	26.06
Проб.		Щитин	Щитин	26.06
Начинпр.		Сытин	Сытин	26.06
Узд.		Поляков	Поляков	26.06

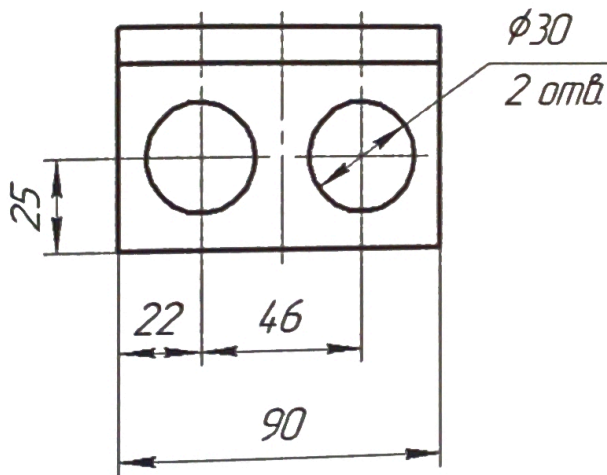
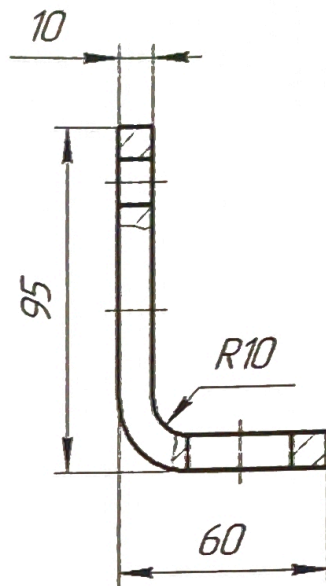
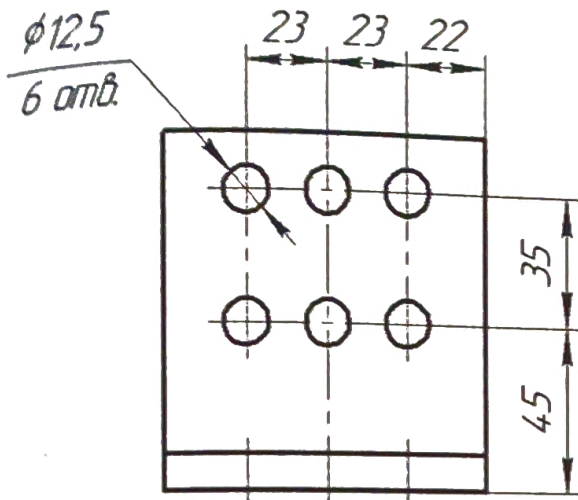
Эвакуационная капсула

Лист	Лист	Листов
	1	2

ОГУ им. И.С.Тургенева
гр. 81МХ-М
Формат А4

ВКР.20.15.04.06.а.11.20.005

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\sqrt{1})}$



Общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002: H12, $\pm \frac{IT12}{2}$.

ВКР.20.15.04.06.а.11.20.005

				Лит	Масса	Масштаб
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата		100 гр	1:2
Разработ	Романов	Романов	26.06			
Проб	Щупин	Щупин	26.06	Лист	Листов	1
Т.контр.				ОГУ им. И.С.Турегенва		
Исполн.	Сытин	Сытин	26.06	гр. 81МХ-М		
Утв.	Поляков	Поляков	26.06	Формат А4		

УГОЛОК

АМ23 ГОСТ 4784-97

Копировал

Приложение Б. Схема электрическая принципиальная

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Микросхемы</u>			
ПК	Полетный контроллер	1	
ПУС	Приемник управляющих сигналов	1	
РС1-РС4	MasterSpin 220 Pro	4	
ПВ	Приемник видеосигнала	1	
<u>Двигатели</u>			
М1-М4	A200-8 kv110	4	
КМ	Камера	1	

ВКР.20.15.04.06.а.11.00.000 ПЭЗ

Лист	№ докум.	Подп.	Дата
1	Романов	<i>Романов</i>	26.06
2	Шутин	<i>Шутин</i>	26.06
3	Сытин	<i>Сытин</i>	26.06
4	Поляков	<i>Поляков</i>	26.06

БПЛА для эвакуации людей
из труднодоступных мест
Перечень элементов
Копировал

Лит.	Лист	Листов
		1

ОГУ им. И.С. Тургенева
гр. 81МХ-м
Формат А4

Приложение В. Листинг программы подготовки данных

```
clear
clc
%Матрицы для данных
inputs = [];
targets = [];
inputs_neg = [];
targets_neg = [];
%Названия папок с изображениями
directions = ["data_1", "data_2", "data_3", "data_4"];
%Цикл обработки заданных директорий
for i_dir = 1:length(directions)
    file_list = dir(directions(i_dir));
    %Загрузка разметки
    load("dat.mat");
    mark = mark{1,i_dir};
    %Цикл обработки изображений
    for i = 3:length(file_list)
        %Чтение изображения
        I=imread([file_list(i).folder '\' file_list(i).name]);
        temp = file_list(i).name;
        name = double(string(temp(18:end-4)));
        temp = mark(:,1) == name;
        %Поиск разметки для обрабатываемого изображения
        [ind, ~] = find(temp == 1);
        j = 1;
        %Цикл перемещения положения сэмпла по координате y
        while j + 50 <= size(I,1)
            k = 1;
            %Цикл перемещения положения сэмпла по координате x
            while k + 50 <= size(I,2)
                %Выделение фрагмента изображения
                fragment = I(j:j + 49, k:k + 49, :);
                %Преобразование в оттенки серого
                fragment = rgb2gray(fragment);
                %Преобразование типа данных
                fragment = im2double(fragment);
                %Преобразование квадратной матрицы в строку
                fragment = reshape(fragment, 1, 50 * 50);
                flag = true;
                %Цикл проверки принадлежности сэмпла к разметке
                for x = 1:length(ind)
                    if abs((mark(ind(x),5) + mark(ind(x),3)) / 2 -...
                        (j + 50 + j) / 2) < 100 &&...
                        abs((mark(ind(x),4) + mark(ind(x),2))...
                        / 2 - (k + 50 + k) / 2) < 100
                        flag = false;
                    end
                %Условие выбора для сэмпла класса изображения с людьми
                if abs((mark(ind(x),5) + mark(ind(x),3)) / 2 -...
                    (j + 50 + j) / 2) < 10 &&...
                    abs((mark(ind(x),4) + mark(ind(x),2))...
                    / 2 - (k + 50 + k) / 2) < 10
                        targets(size(targets,1) + 1, :) = [0;1];
                        inputs(size(inputs,1) + 1, :) = fragment;
                        %imshow(I(j:j + 49, k:k + 49, :));
                        %pause;
                    end
                end
            %Условие выбора для сэмпла класса изображения без людей
```



```
        if flag && (rand(1) * 100) < 0.5
            inputs_neg(size(inputs_neg,1) + 1, :) = fragment;
            targets_neg(size(targets_neg,1) + 1, :) = [1;0];
        end
        %Смещение положения сэмпла по x
        k = k + 25;
    end
    %Смещение положения сэмпла по y
    j = j + 25;
end
end
end
%Конкатенация матриц разных классов
inputs = [inputs; inputs_neg];
targets = [targets; targets_neg];
%Сохранение данных
save("train_data", 'inputs', 'targets');
```

Приложение Г. Листинг программы обучения ИНС

```
clear
clc
%Загрузка данных
load ('train_data.mat');
inputs = inputs';
targets = targets';
%Архитектура сети
hiddenLayerSize = [32 32]; %Количество нейронов
net = patternnet(hiddenLayerSize, 'traincgf');
net.divideParam.trainRatio = 70/100;
net.divideParam.testRatio = 15/100;
net.divideParam.testRatio = 15/100;
net.trainParam.epochs = 1000;
net.trainParam.max_fail = 6;
%Обучение сети
[net,tr] = train(net,inputs,targets);
%Расчет точности на тестовой выборке
tInd = tr.testInd;
tstOutputs = net(inputs(:, tInd));
tstPerform = perform(net, targets(tInd), tstOutputs);
targets_test = targets(:,tInd);
tstOutputs = round(tstOutputs);
temp = vec2ind(tstOutputs) == vec2ind(targets_test);
accuracy = sum(temp) / length(temp)
%Просмотр инфографики обучения
view(net)
figure, plotperform(tr)
figure, plottrainstate(tr)
figure, plotconfusion(targets_test,outputs)
figure, ploterrhist(errors)
%Сохранение сети
save("ANN_RECOGNITION_OF_PEOPLE", 'net');
```

Приложение Д. Листинг программы тестирования ИНС

```
clear
clc
%Загрузка данных
load ('ANN_RECOGNITION_OF_PEOPLE.mat');
%Ввод пути до файла
path = input("Введите путь до файла\n");
name = input("Введите имя файла\n");
%Чтение изображения
I=imread([path '\' name]);
I = imresize(I,[1079 1322]);
imshow(I);
hold on;
%Цикл перемещения положения сэмпла по координате y
j = 1;
while j + 50 <= 1079
    k = 1;
    %Цикл перемещения положения сэмпла по координате x
    while k + 50 <= 1322
        %Выделение фрагмента изображения
        fragment = I(j:j + 49, k:k + 49,:);
        %Преобразование в оттенки серого
        fragment = rgb2gray(fragment);
        %Преобразование типа данных
        fragment = im2double(fragment);
        %Преобразование квадратной матрицы в строку
        fragment = reshape(fragment, 1 ,50 * 50);
        %Выход сети
        output = net(fragment');
        %Определение наличия людей на сэмпле
        if output(2) > output(1)
            %Отрисовка Прямоугольника
            rectangle('Position', [k + 5 j + 5 45 45],...
                'EdgeColor','b','LineWidth',3);
        end
        k = k + 50;
    end
    j = j + 50;
end
```



СПРАВКА о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Романов Владислав Владимирович
Подразделение	Политехнический институт имени Н.Н. Поликарпова, кафедра Металлургии, Металлургии робототехники
Тип работы	Выпускная квалификационная работа
Название работы	Беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из труднодоступных мест
Название файла	15_04_06_VKR_2020_Romanov_V_V.docx
Процент заимствования	21.74 %
Процент самоцитирования	0.00 %
Процент цитирования	5.98 %
Процент оригинальности	72.28 %
Дата проверки	22:33:02 25 июня 2020г.
Модули поиска	Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Свободная коллекция ЭБС; Модуль поиска "Интернет Плюс"; Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска переводных заимствований; Модуль поиска переводных заимствований по eLibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция ГАРАНТ; Коллекция Медицина; Диссертации и авторефераты ИСБ; Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU; Модуль поиска перефразирований Интернет; Коллекция Патенты; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Модуль поиска "ФГБОУ ВО ОГУ им. И.С.Тургенева"; Кольцо вузов

Работу проверил Просекова Анастасия Владимировна
ФИО проверяющего

Дата подписи 25.06.2020

Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженный заимствованием корректным, система оставляет на усмотрение пользователя. Предоставленная информация не должна использоваться в коммерческих целях.

РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу
студента Романова Владислава Владимировича

Тема: «Беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из
труднодоступных мест»

Выпускная квалификационная работа студента Романова Владислава Владимировича на тему: «Беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из труднодоступных мест» относится к области разработок машиностроения и медицинской робототехники.

В работе рассмотрен грузовой беспилотный летательный аппарат и эвакуационная капсула, произведены необходимые расчеты для реализации конструкции с заданными показателями. Отдельно выделена и описана проблема создания грузовых мультикоптеров для перевозки людей. Обозначены перспективы и направления дальнейших действий.

В своей работе Романов В.В. продемонстрировал хорошие аналитические способности, умение работать с источниками информации, всесторонне исследовать технические проблемы, предлагать их обоснованные решения.

Работа Романова В.В. представляет собой актуальное исследование, результаты которого могут быть использованы в медицинских учреждениях, подразделениях МЧС, а также в армейских подразделениях Российской Федерации.

К плюсам данной выпускной квалификационной работы относится то, что для разрабатываемого объекта применены современные подходы к обработке информации сенсорной системы мультикоптера на основе методов искусственного интеллекта, что, несомненно, имеет большой потенциал практического применения.

Вместе с тем, в работе недостаточно подробно представлен вопрос планирования эксперимента и анализа полученных данных, при том, что в целом технические результаты можно охарактеризовать как положительные.

Выпускная квалификационная работа написана четким, лаконичным языком с использованием точных, однозначных формулировок основных понятий, что полностью соответствует техническому стилю изложения. Обозначения соответствуют общепринятым нормам. Качество графического материала – хорошее.

Представленная на рецензию выпускная квалификационная работа содержит актуальный, современный материал, выполнена на достойном научном уровне, соответствует тематике и требованиям ФГОС ВО, предъявляемым к выпускной квалификационной работе, и может быть рекомендована к защите с оценкой «отлично».

Ведущий математик-программист
ООО «НТЦ АПМ»,
кандидат технических наук



А.В. Чикулаев

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Тема выпускной квалификационной работы «Беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из труднодоступных мест»

Студент гр. 81-МХм Романов Владислав Владимирович
 Факультет/институт Политехнический институт имени Н.Н. Поликарпова
 Кафедра мехатроники, механики и робототехники
 Направление подготовки (специальность) 15.04.06 Мехатроника и робототехника
 Профиль (направленность) подготовки Медицинская робототехника и мехатроника
 Руководитель Шутин Денис Владимирович

Оценка компетенций выпускника
в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Требования к профессиональной подготовке	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Не удовлетворительно
ОК-1 Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень	+			
ОК-2 Способность к самостоятельному обучению с помощью современных информационных технологий новым методам исследования, к постоянному обновлению и расширению своих знаний, к изменению в случае необходимости научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности	+			
ОК-3 Способность использовать в практической деятельности новые знания и умения, как относящиеся к своему научному направлению, так и, в новых областях знаний, непосредственно не связанных с профессиональной сферой деятельности	+			
ОК-4 Готовность использовать на практике приобретенные умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, выполняемых малыми группами исполнителей	+			
ОПК-1 Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	+			
ОПК-2 Владение в полной мере основным физико-математическим аппаратом, необходимым для описания и исследования разрабатываемых систем и устройств	+			
ОПК-3 Владение современными информационными технологиями, готовностью применять современные и специализированные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, знать и соблюдать основные требования информационной безопасности	+			
ОПК-4 Готовность собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной деятельности	+			
ОПК-5 Способность использовать методы современной экономической теории при оценке эффективности разрабатываемых и исследуемых систем, а также результатов своей профессиональной деятельности		+		
ОПК-6 Готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, ка-	+			

гастроф, стихийных бедствий				
ПК-1 Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро-нечетких сетей	+			
ПК-2 Способность использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования	+			
ПК-3 Способность разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их исследование с применением современных информационных технологий		+		
ПК-4 Способность осуществлять анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области мехатроники и робототехники, средств автоматизации и управления, проводить патентный поиск	+			
ПК-5 Способность разрабатывать методики проведения экспериментов и проводить эксперименты на действующих макетах и образцах мехатронных и робототехнических систем и их подсистем, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств		+		
ПК-6 Готовность к составлению аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок	+			
ПК-7 Способность внедрять на практике результаты исследований и разработок, выполненных индивидуально и в составе группы исполнителей, обеспечивать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности	+			
ПК-8 Готовность к руководству и участию в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей		+		
ПК-9 Способность к подготовке технического задания на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем и отдельных устройств с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники, а также новых устройств и подсистем		+		
ПК-10 Способность участвовать в разработке конструкторской и проектной документации мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями	+			
ПК-11 Готовность разрабатывать методику проведения экспериментальных исследований и испытаний мехатронной или робототехнической системы, способностью участвовать в проведении таких испытаний и обработке их результатов	+			

Общая характеристика ВКР.

ВКР относится к области разработок машиностроения и медицинской робототехнике. В работе рассмотрена проблема расширения функциональных возможностей и диапазона воспроизводимых движений кисти существующими изделиями, предложены пути ее решения.

В работе рассмотрен грузовой беспилотный летательный аппарат и эвакуационная капсула, произведены необходимые расчеты для реализации конструкции с заданными показателями. Отдельно выделена и описана проблема создания грузовых мультикоптеров для перевозки людей. Обозначены перспективы и направления дальнейших действий. Составленная модель движения мультикоптера позволяет анализировать основные аспекты его поведения в изучаемых условиях. Разработанная система анализа изображений на основе нейронной сети успешно решает одну из частей комплексной задачи по ориентированию беспилотного летательного аппарата в соответствующих условиях. Работа пред-

ставляет собой актуальное исследование, результаты которого могут быть использованы в медицинских учреждениях, подразделениях МЧС, а также в армейских подразделениях Российской Федерации.

Структура работы соответствует заданию на ВКР и полностью раскрывает все аспекты темы. Проведён информационный поиск, обоснована актуальность решаемой задачи, составлена математическая модель, проведены исследования работы системы распознавания образов.

Результаты работы были представлены на международных и всероссийских конференциях, опубликованы 1 статья с цитированием РИНЦ и принята к публикации 1 статья в издании из перечня ВАК.

ВКР оформлена в соответствии с предъявляемыми требованиями, конструкторская часть соответствует единой системе конструкторской документации.

Работа соответствует требованиям ФГОС по направлению подготовки.

Отмеченные достоинства: Все поставленные в работе задачи решены на достаточно высоком инженерном и исследовательском уровне, в соответствии с графиком выполнения дипломной работы. Можно отметить умелую организованность работы студента над ВКР, самостоятельность принятия решений, ответственность в своевременном выполнении задач дипломного проекта, способность к всестороннему рассмотрению решаемых проблем.

Отмеченные недостатки: существенных недостатков не выявлено.

Заключение: выпускная квалификационная работа рекомендуется к защите.

Руководитель _____ (Шутин Д.В.)

« 2 » _____ 20 20г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ КАФЕДРЫ О ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
Выпускную квалификационную работу на тему «Беспилотный летательный аппарат для эвакуации людей из труднодоступных мест» студента Романова Владислава Владимировича допустить к защите в Государственной экзаменационной комиссии.

Зав. кафедрой _____ (Поляков Р.Н.)

« 2 » _____ 20 20г.