

Разработка лабораторного стенда для создания и тестирования алгоритмов управления беспилотных летательных аппаратов

Разработал студент группы ПС-62

Фатеев В.В.

Руководитель: кандидат
технических наук, доцент

Кривобоков Д.Е.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Основной проблемой при постройке мультикоптера является разработка алгоритмов стабилизации и управления. На данный момент в нашем университете нет среды обучения направленной на подготовку специалистов по разработке алгоритмов управления летательными аппаратами. Одной из частей данной среды будет лабораторный стенд который позволит:

- на наглядном примере изучить особенности поведения квадрокоптера в воздухе;
- разрабатывать и отлаживать собственные алгоритмы управления сложными системами ;
- разрабатывать и тестировать прототипы полетных контроллеров;

Цель и задачи

Цель: разработать лабораторный стенд для отработки алгоритмов управления БПЛА и сопутствующее ему программное обеспечение.

Для реализации цели необходимо решить следующие **задачи:**

- ▶ выполнить аналитический обзор методов разработки и отладки алгоритмов управления БПЛА;
- ▶ выбрать подходящие программно-аппаратные средства для разработки лабораторного стенда;
- ▶ разработать конструкцию и программное обеспечение лабораторного стенда для отработки алгоритмов управления БПЛА;
- ▶ разработать прототип мультикоптера отлаживаемого на данном стенде;

Методы отладки квадрокоптеров:

Компьютерное моделирование

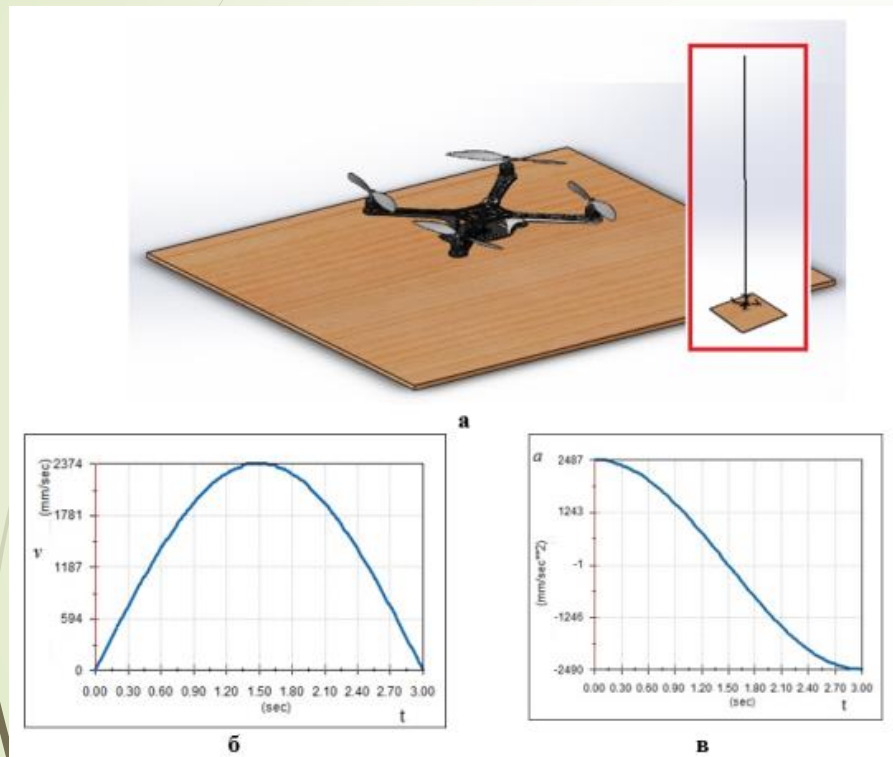


Рисунок 1 - Моделирование квадрокоптера в среде SolidWorks

Преимущества:

- относительная дешевизна так как моделирование происходит виртуально и не требует затрат на материалы и комплектующие;
- простота изменения каких либо параметров;
- безопасность.

Недостатки:

- невозможность учета всех факторов, что приведет к не точной модели;
- слабая наглядность;
- невозможно отлаживать уже готовый прототип, практически данный метод применяется только на этапе проектирования.

Методы отладки квадрокоптеров :

Лабораторные стенды



Рисунок 2 - Стенд для отладки квадрокоптера

Преимущества:

- наглядность и относительная простота использования;
- возможность совмещать отладку на стенде и полетные испытания;
- теоритическая возможность получить готовый к полету прототип после отладки.

Недостатки:

- недостаточная жесткость конструкции приведённой на слайде;
- инертность элементов стенда влияет на поведение прототипа, что может привести к неверной симуляции полета.

Разработка стенда:

Разработка конструкции в САПР Компас 3D

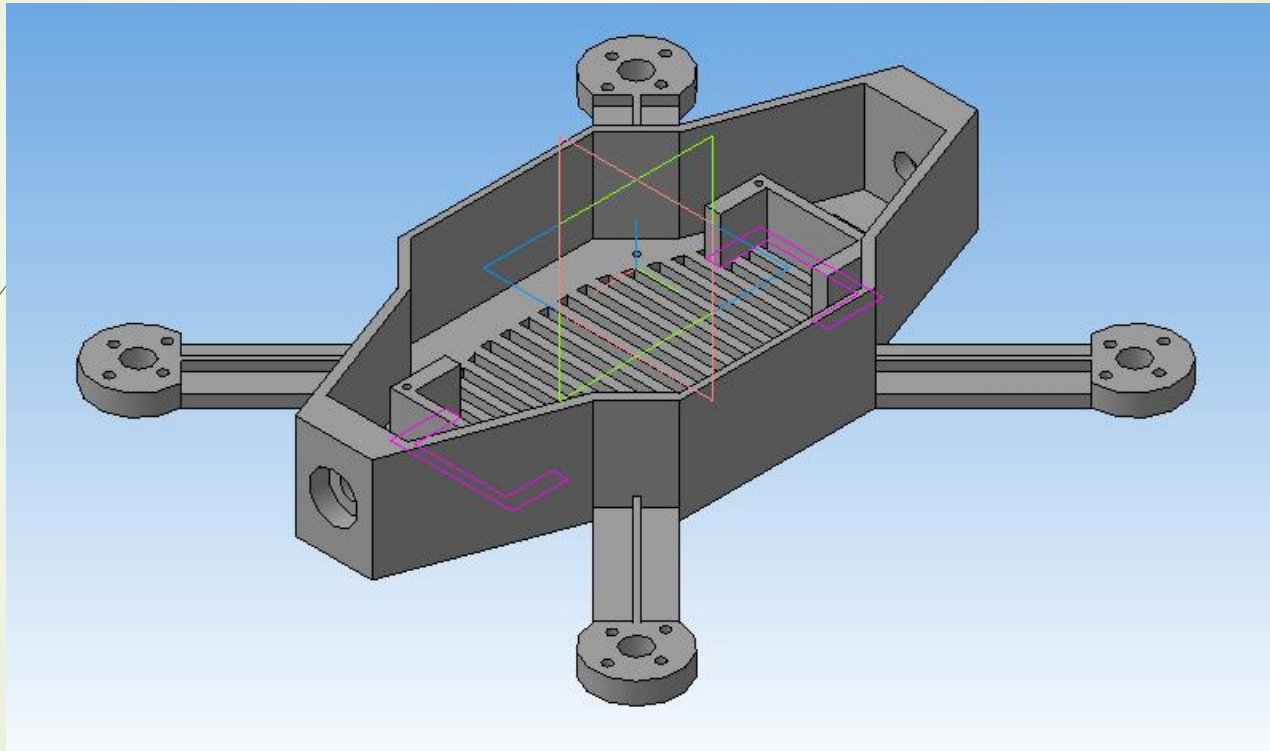


Рисунок 3 – Конструкция прототипа квадрокоптера в САПР Компас-3D

Разработка стенда:

Разработка конструкции в САПР Компас 3D

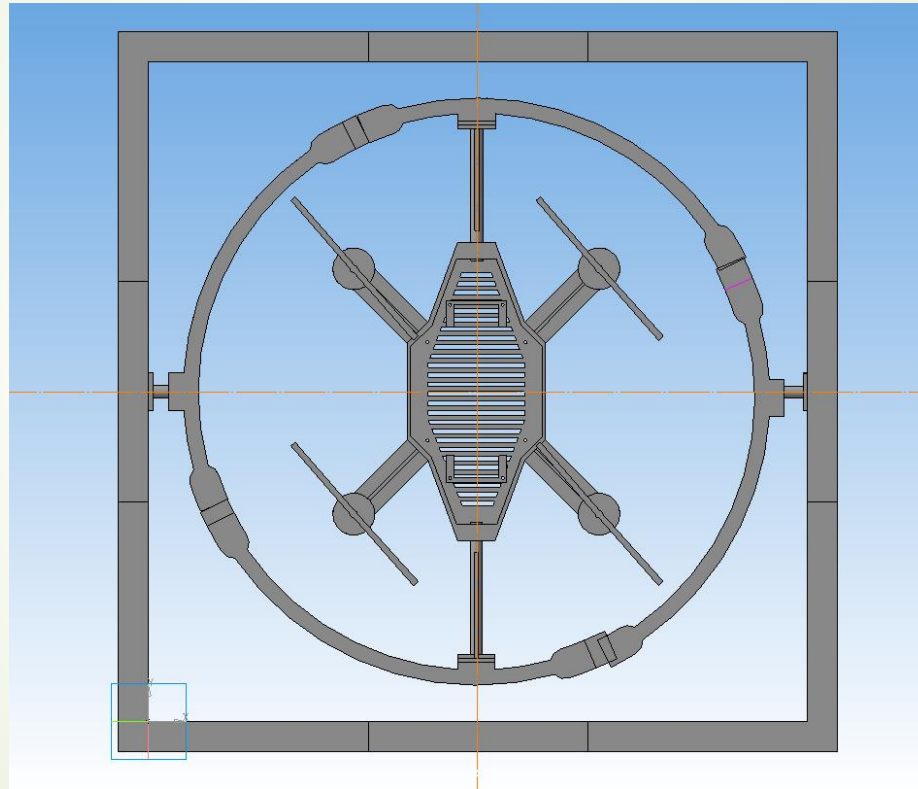


Рисунок 4 – Сборка стенда САПР Компас-3D, вид сверху

Разработка стенда:

Система контроля распределения подъемной силы

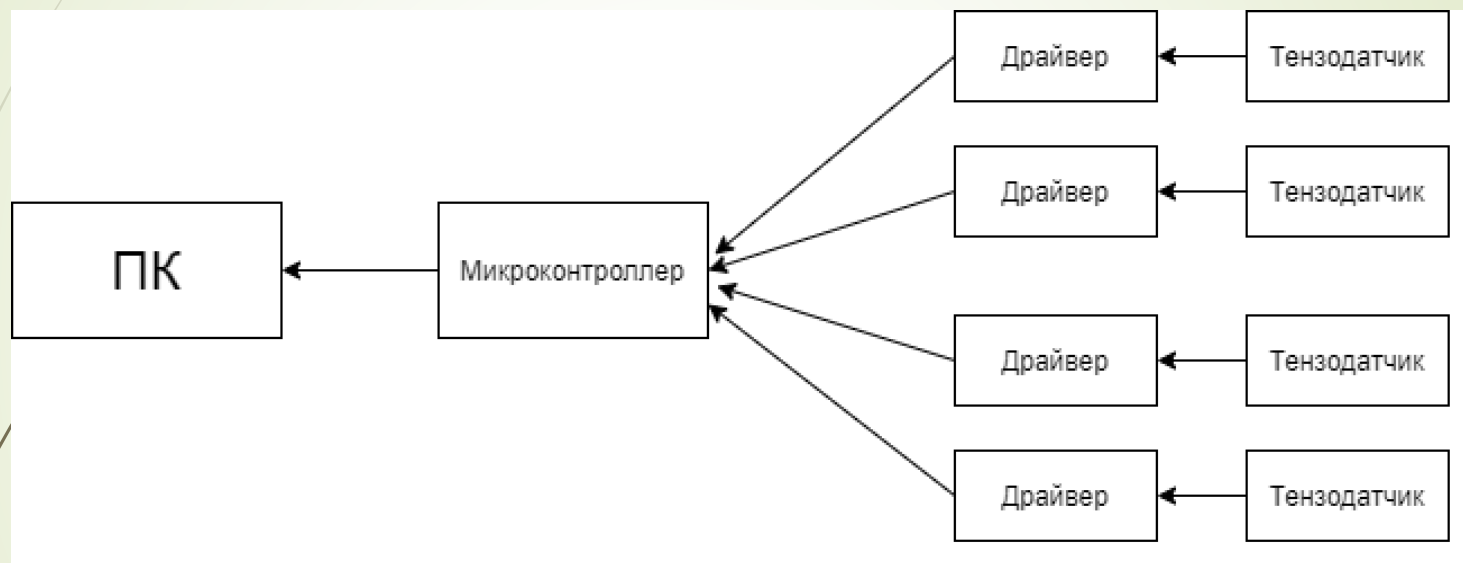


Рисунок 5– Структурная схема стенда

Вся конструкция вывешена на четырех тензодатчиках, по распределению нагрузки на данные датчики можно оценить подъемную силу и ее направление. Сигналы, поступающие с них через драйверы на микроконтроллер обрабатываются и выводятся на монитор компьютера в реальном времени.

Разработка стенда:

Выбор компонентов



Рисунок 6 – Регулятор оборотов установленный на квадрокоптер



Рисунок 7 – Tarot MT2205II 2300kV

Разработка стенда:

Выбор компонентов



Рисунок 8 – Отладочная плата STM32F407 Discovery

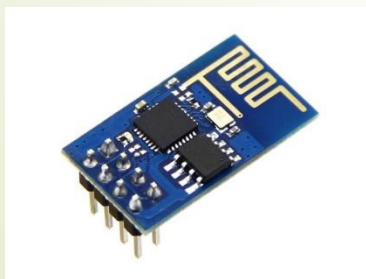


Рисунок 9 – Модуль ESP8266

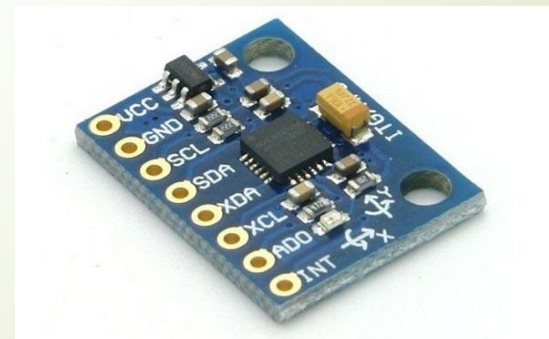


Рисунок 10 – Микросхема MPU-6050

Разработка стенда:

Структурная схема прототипа квадрокоптера

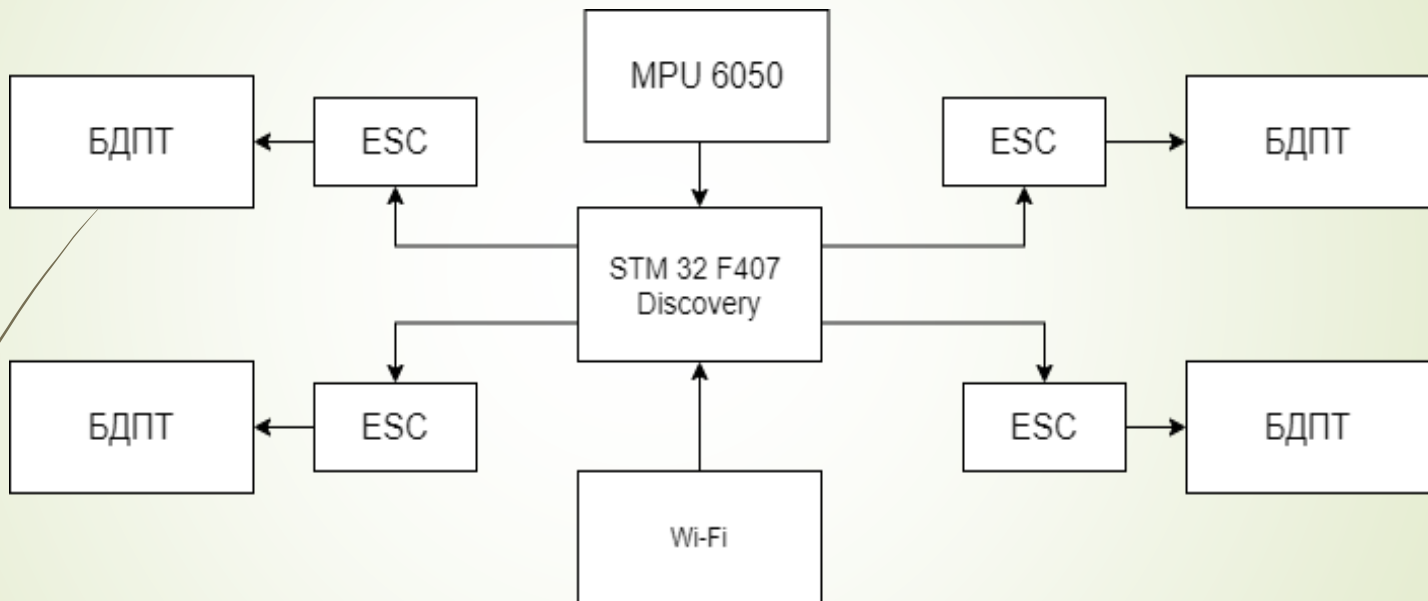


Рисунок 11 – Структурная схема электрической части квадрокоптера

Сборка стенда:

Сборка прототипа квадрокоптера

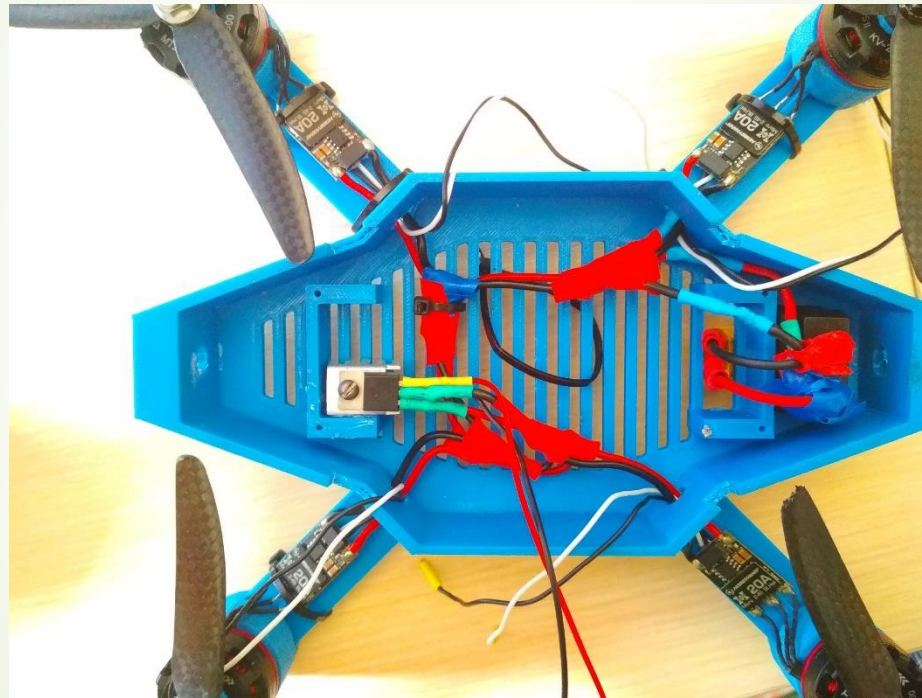


Рисунок 12 – Бортовая сеть электропитания квадрокоптера

Сборка стенда:

Сборка прототипа квадрокоптера



Рисунок 13 – Прототип в сборе

Сборка стенда:

Сборка конструкции стенда



Рисунок 14 – Стенд в сборе

Разработка программного обеспечения:

Программирование ESP 8266

```
int pin_1 = 14;
int pin_2 = 4;
int pin_3 = 12;
#include <ESP8266WiFi.h> //Содержится в пакете
#include <ESP8266WebServer.h> //Содержится в пакете

IPAddress apIP(192, 168, 4, 1);

// Web интерфейс для устройства
ESP8266WebServer HTTP(80);

// Определяем переменные wifi
String _ssid = "ELTEX-75A8"; // Для хранения SSID
String _password = "GP21284846"; // Для хранения пароля сети
String _ssidAP = "WiFi"; // SSID AP точки доступа
String _passwordAP = ""; // пароль точки доступа

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("");
  Serial.println("Start 1-WIFI");
  //Запускаем WIFI
  WiFiInit();
  //Настраиваем и запускаем HTTP интерфейс
  Serial.println("Start 2-WebServer");
  HTTP_init();
  pinMode(pin_1, OUTPUT);
  pinMode(pin_2, OUTPUT);
  pinMode(pin_3, OUTPUT);
}

void loop() {
  HTTP.handleClient();
  delay(1);
}
```

```
void WiFiInit() {
  // Попытка подключения к точке доступа
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  byte tries = 11;
  WiFi.begin(_ssid.c_str(), _password.c_str());
  // Делаем проверку подключения до тех пор пока счетчик tries
  // не станет равен нулю или не получим подключение
  while (--tries && WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  {
    Serial.print(".");
    delay(1000);
  }
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  {
    // Если не удалось подключиться запускаем в режиме AP
    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi up AP");
    StartAPMode();
  }
  else {
    // Иначе удалось подключиться отправляем сообщение
    // о подключении и выводим адрес IP
    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
  }
}

bool StartAPMode()
{ // Отключаем WIFI
  WiFi.disconnect();
  // Меняем режим на режим точки доступа
  WiFi.mode(WIFI_AP);
  // Задаем настройки сети
  WiFi.softAPConfig(apIP, apIP, IPAddress(255, 255, 255, 0));
  // Включаем WIFI в режиме точки доступа с именем и паролем
  // хранящихся в переменных _ssidAP _passwordAP
  WiFi.softAP(_ssidAP.c_str(), _passwordAP.c_str());
  return true;
}
```

Разработка программного обеспечения:

Программирование STM32

```
/* Initialize all configured peripherals */
MX_GPIO_Init();
MX_TIM4_Init();
MX_SPI1_Init();

/* USER CODE BEGIN 2 */
if (HAL_TIM_PWM_Start(&htim4, TIM_CHANNEL_1) != HAL_OK || HAL_TIM_PWM_Start(&htim4, TIM_CHANNEL_2) != HAL_OK ||
    HAL_TIM_PWM_Start(&htim4, TIM_CHANNEL_3) != HAL_OK || HAL_TIM_PWM_Start(&htim4, TIM_CHANNEL_4) != HAL_OK) {
    /* PWM Generation Error */
    Error_Handler();
}

    HAL_Delay(1000);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim4, TIM_CHANNEL_1, 800);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim4, TIM_CHANNEL_2, 800);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim4, TIM_CHANNEL_3, 800);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim4, TIM_CHANNEL_4, 800);
HAL_Delay(2000);
/* USER CODE END 2 */

/* Infinite loop */
/* USER CODE BEGIN WHILE */
while (1)
{
    /* USER CODE END WHILE */

/* USER CODE BEGIN 3 */

a=1031; /*1031 min */
b=1030; /*1030 min */
c=1030; /*1030 min */
d=1309; /*1309 min */
    HAL_Delay(1000);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim4, TIM_CHANNEL_1, a);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim4, TIM_CHANNEL_2, b);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim4, TIM_CHANNEL_3, c);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim4, TIM_CHANNEL_4, d);/*stranni kontroller */
    HAL_Delay(20000);
```

Рисунок 17 – Инициализация и формирование ШИМ сигнала и подача его на ESC

Вывод

В результате данной работы был разработан лабораторный стенд для разработки алгоритмов стабилизации и управления БПЛА.

В ходе разработки были решены следующие задачи:

- была выбрана конструкция стенда, основанная на вращении плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях;
- разработаны элементы стенда в САПР Компас 3D, распечатаны и собраны в единую конструкцию;
- выбраны и встроены в стенд микроконтроллеры, в частности для управления дроном — STM32, для контроля распределения веса — Ардуино;
- проведены испытания стенда, в результате которых была подтверждена работоспособность конструкции и ее пригодность для выполнения поставленных задач;

В дальнейшем планируется усовершенствовать конструкцию стенда, а именно переработать конструкцию прототипа квадрокоптера, слабым местом являются места крепления силовых установок и внешние полуоси. А так же разработать полноценную программу пилот с дальнейшим тестированием на данном стенде.

Спасибо за внимание!