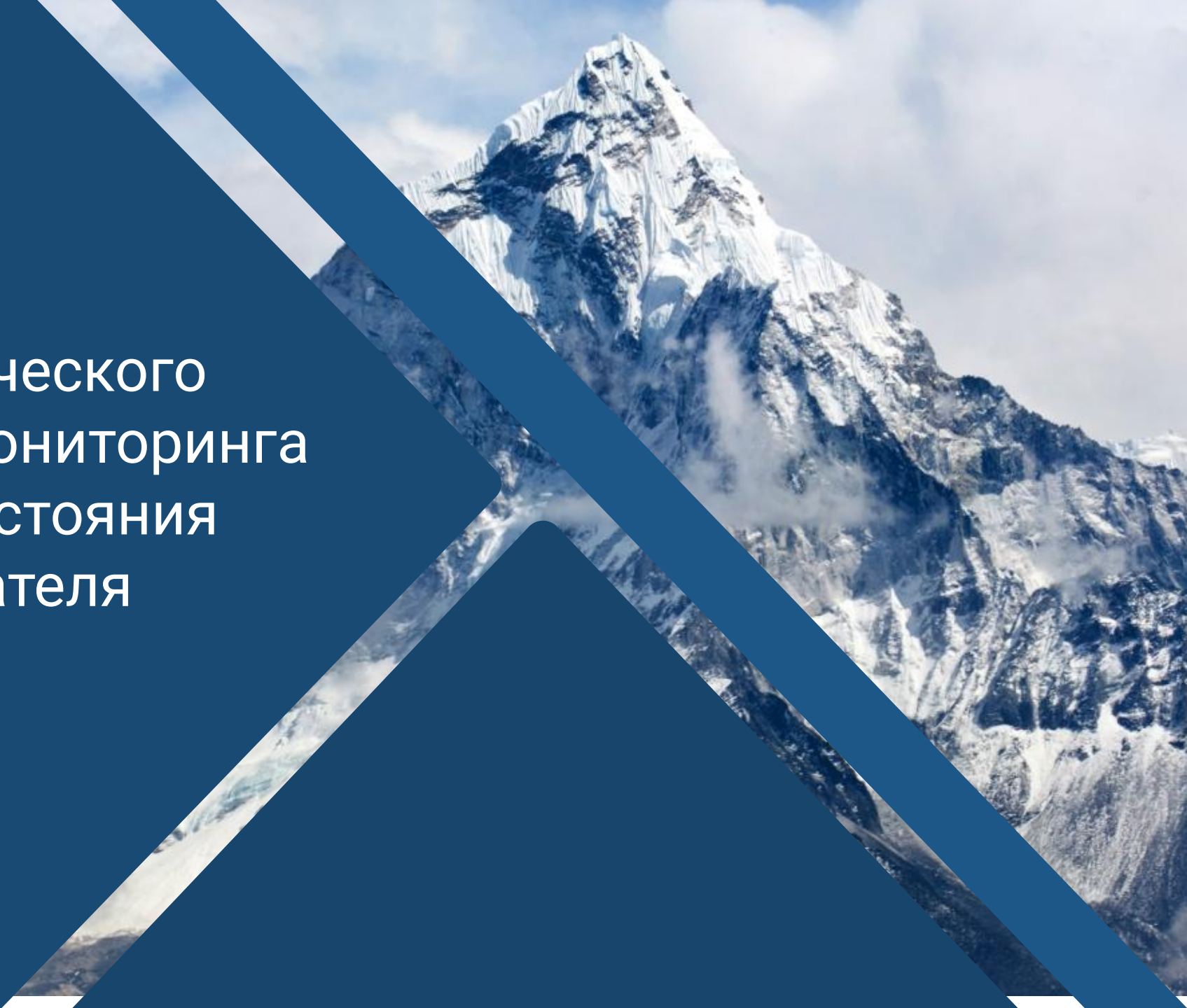




IT АКАДЕМИЯ  
SAMSUNG

Система акустического  
и вибрационного мониторинга  
технического состояния  
электродвигателя



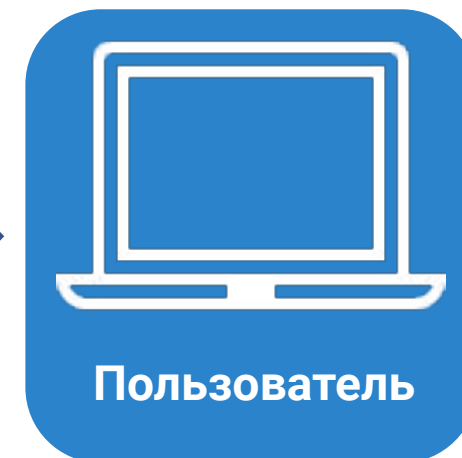
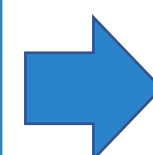
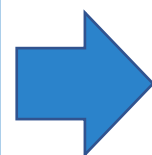
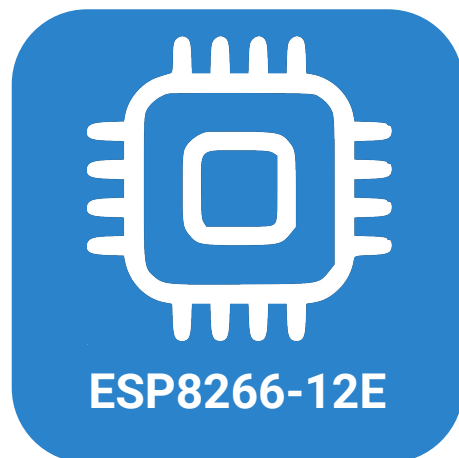
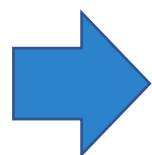
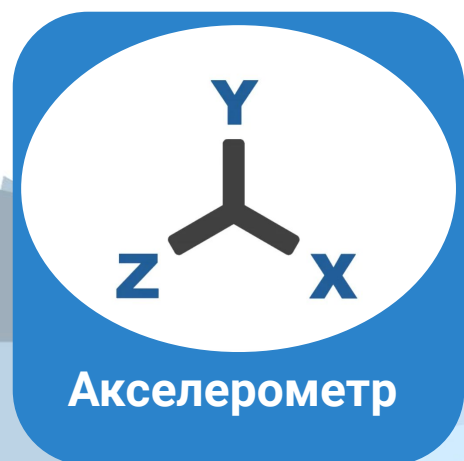
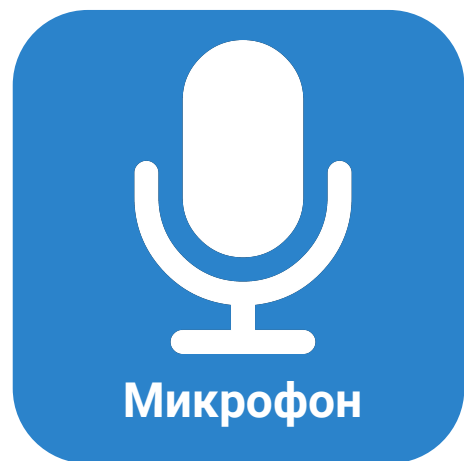
Сегодня в мире выпускается до 7 млрд электродвигателей. Но в результате аварий ежегодно выходят из строя до 10% применяемых электрических машин.

Выход из строя электроприводов приводит к большому материальному ущербу, связанному с ремонтом и простоем технологического оборудования.



Основные причины отказа электродвигателей, в соответствии с Американской ассоциацией электрических исследований США (Electrical Research Association).

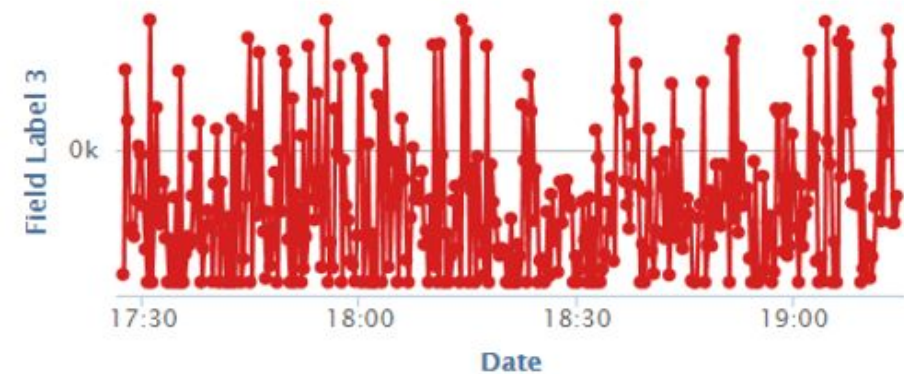
Разработка системы акустического и вибрационного мониторинга технического состояния электродвигателя, для своевременного определения и устранения неисправностей.



Обмен данными осуществляется по протоколу MQTT по беспроводной сети.

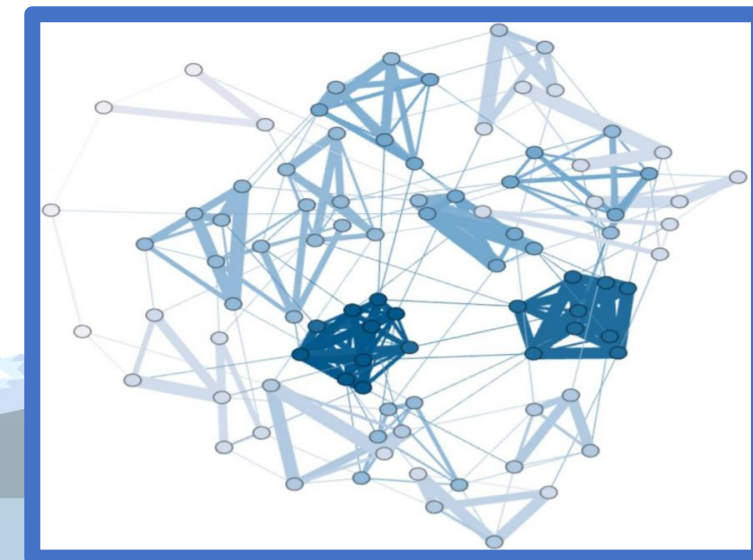
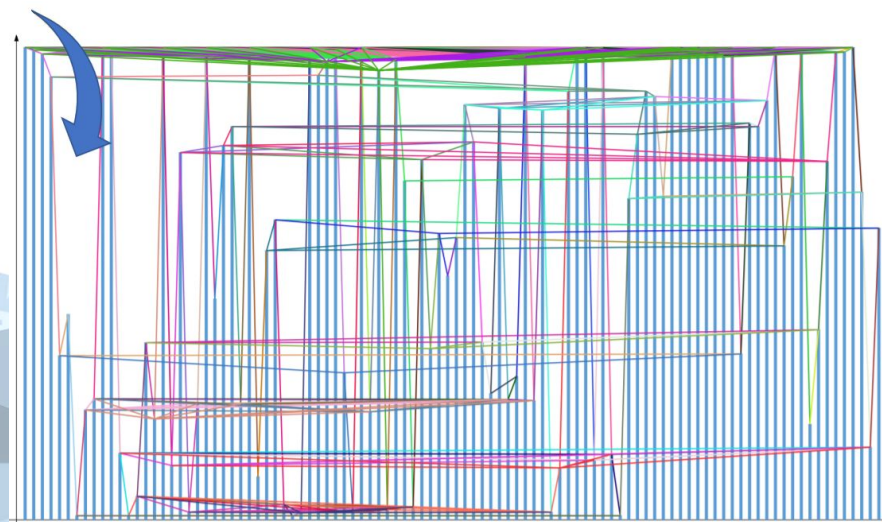


AcX-F



ThingSpeak.com

Для обработки данных с устройства используется сетевой метод анализа нелинейных временных рядов.



Модель конвертирования временных рядов в сети.

- Прогнозирование выхода из строя электродвигателей.
- Исключение остановок производства для диагностики.
- Эффективное распределение ресурсов служб технического обслуживания.
- Минимизация издержек из-за выхода из строя оборудования.



## Цели:

- Разработать систему акустического и вибрационного мониторинга технического состояния электродвигателя.

## Задачи:

- Определить функционал проектируемого устройства.
- Спроектировать и изготовить печатную плату устройства.
- Разработать технологию фиксации датчиков на корпусе электродвигателя.
- Собрать функциональный прототип для сбора данных.
- Разработать математическую модель для анализа данных.
- Сравнить с аналогами.

# Причины выхода из строя





## Отслаивание

### Локализация:

Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника

### Причина:

Чрезмерная осевая нагрузка

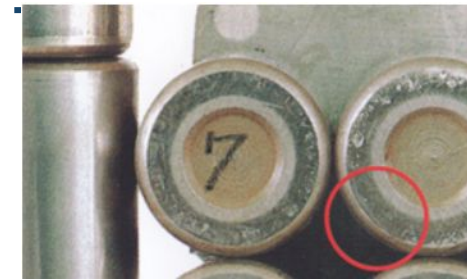


## Задирь

### Локализация:

Ролики двухрядного цилиндрического роликоподшипника

**Причина:** Недостаточное количество смазки и чрезмерная осевая нагрузка



## Размытие поверхности

**Локализация:** Наружное кольцо цилиндрического роликоподшипника

### Причина:

Недостаточная радиальная нагрузка, проскальзывание роликов, вызванное чрезмерным количеством смазки



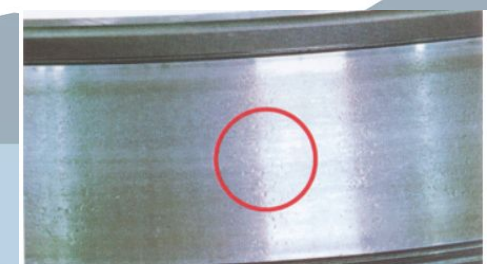
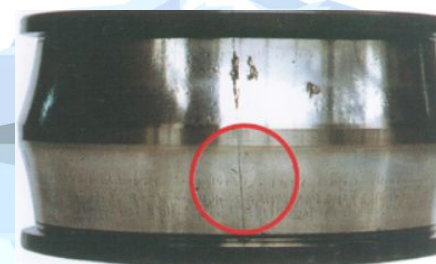
## Вмятины и трещины

### Локализация:

Внутреннее кольцо конического роликоподшипника

### Причина:

Попадание инородных веществ и грязи на поверхность







## Фреттинг-коррозия

### Локализация:

Внутреннее кольцо радиального шарикоподшипника

### Причина:

Вибрация



## Ложное бринеллирование

### Локализация:

Внутреннее кольцо радиального шарикоподшипника

### Причина:

Вибрации от внешнего источника при стационарном положении



## Проскальзывание

### Локализация:

Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника

### Причина:

Недостаточный натяг



## Электрическая коррозия

### Локализация:

Внутреннее кольцо конического роликоподшипника

### Причина:

Разность электрических потенциалов внутреннего и наружного колец



## Ржавчина и коррозия

### Локализация:

Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника

### Причина:

Попадание воды в смазку





## Ошибки при монтаже

### Локализация:

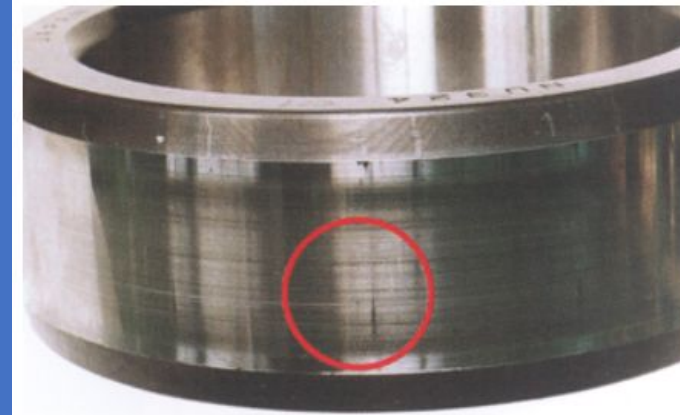
Внутреннее кольцо цилиндрического роликоподшипника

### Признак:

Осевые царапины на поверхности качения

### Причина:

Наклон внутреннего и наружного колец во время монтажа



## Обесцвечивание

### Локализация:

Внутреннее кольцо шарикоподшипника

### Признак:

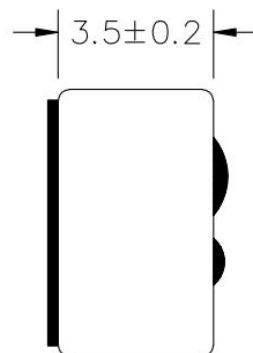
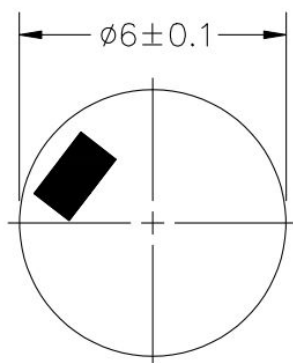
Появление голубого или фиолетового оттенка на поверхности дорожки качения

### Причина:

Тепловыделение, вызванное недостаточной смазкой



# Подбор микрофона

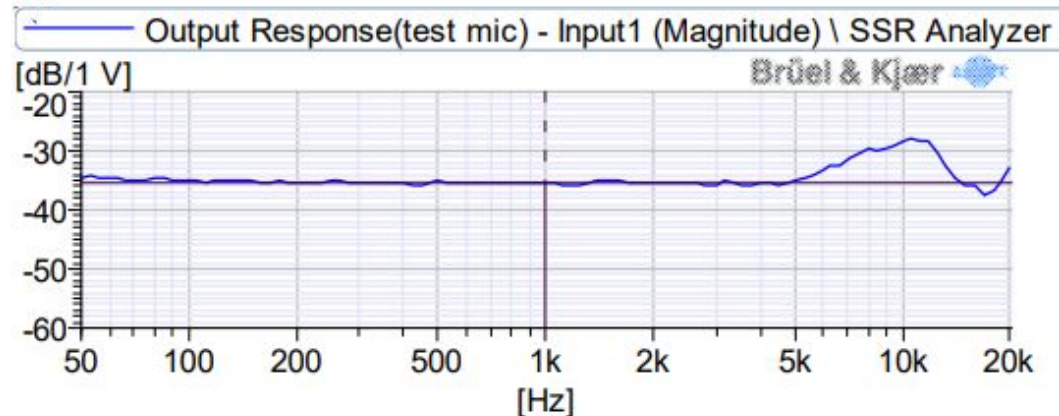


POM-3535L-2-R

2V/2.2K $\Omega$

-35 $\pm$ 4dB

1#



Cursor values

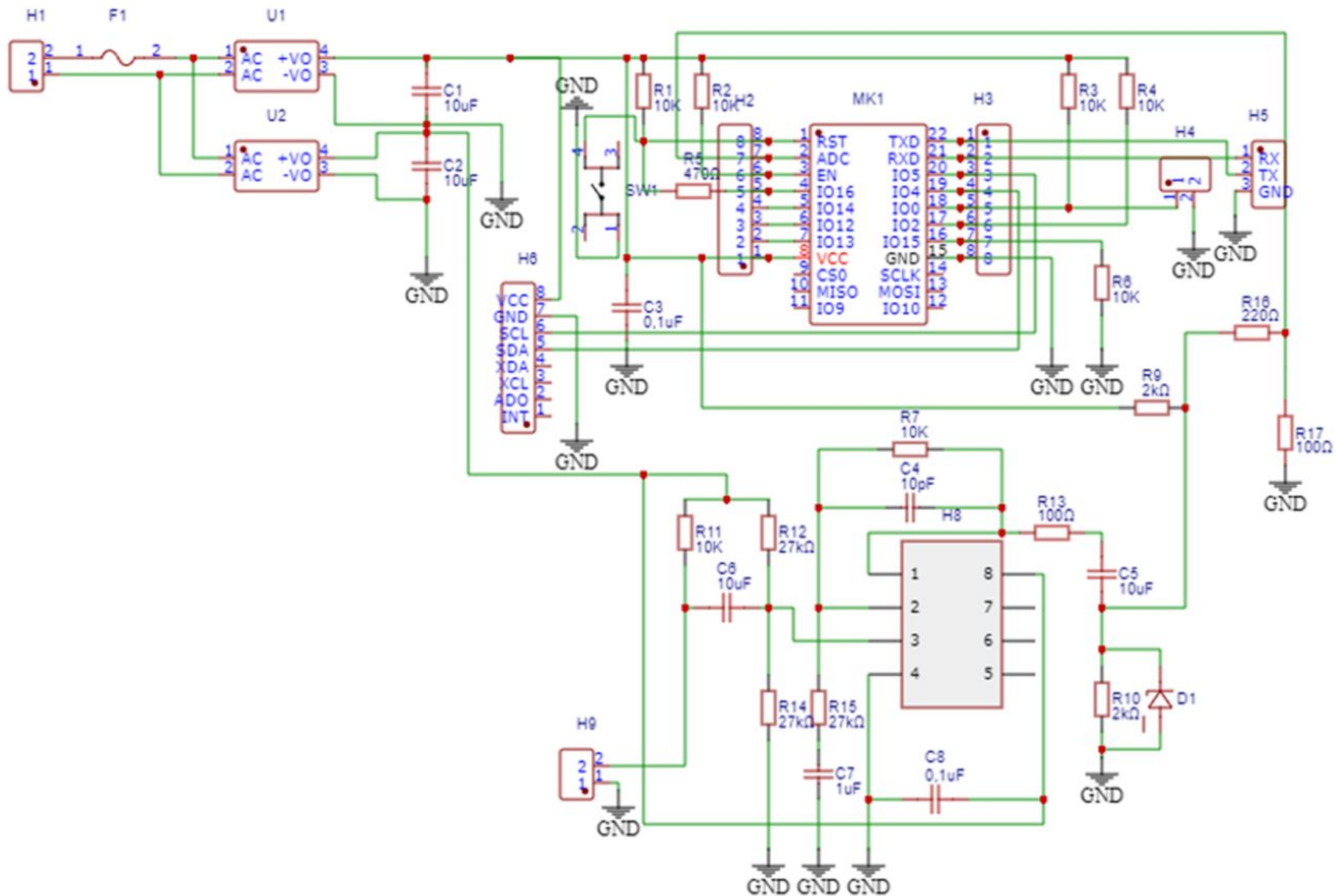
X: 1.00k Hz

Y: -35.60 dB/1 V

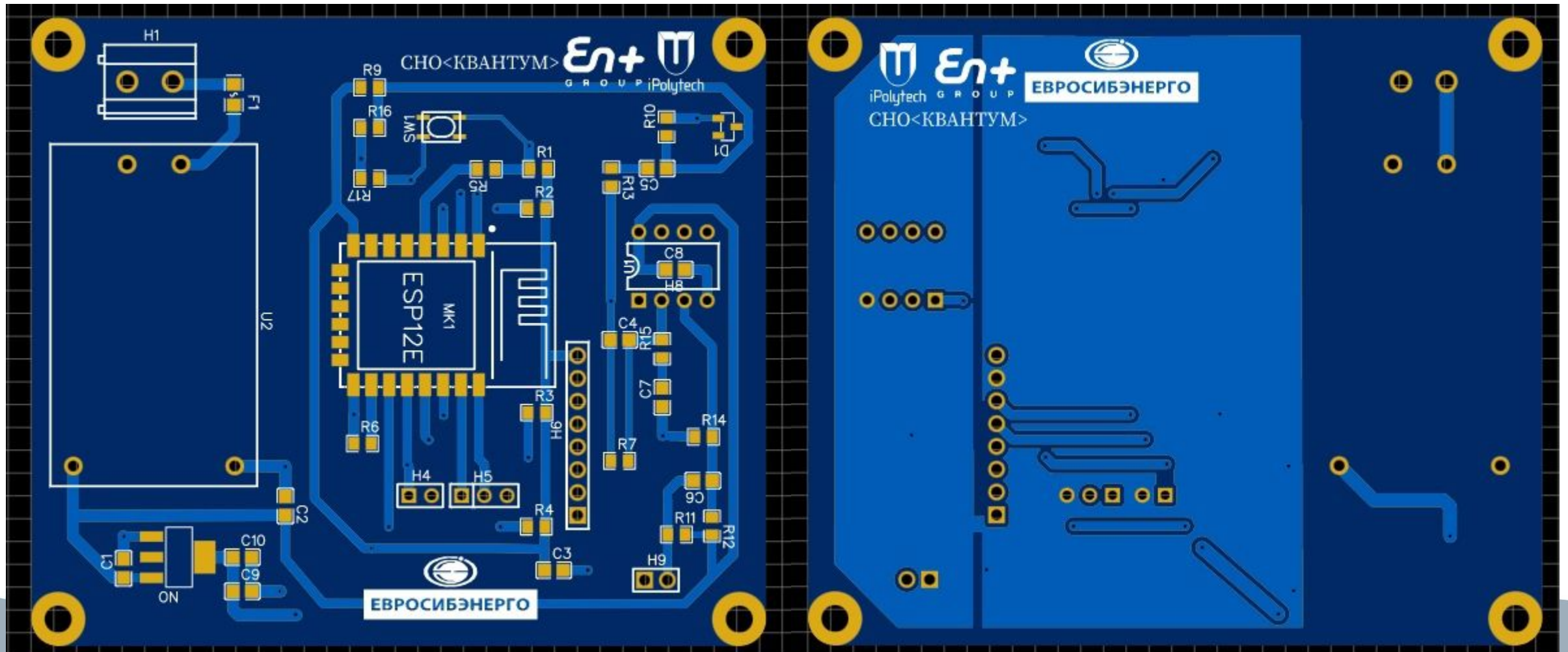
dateTime : 2014/04/09 1

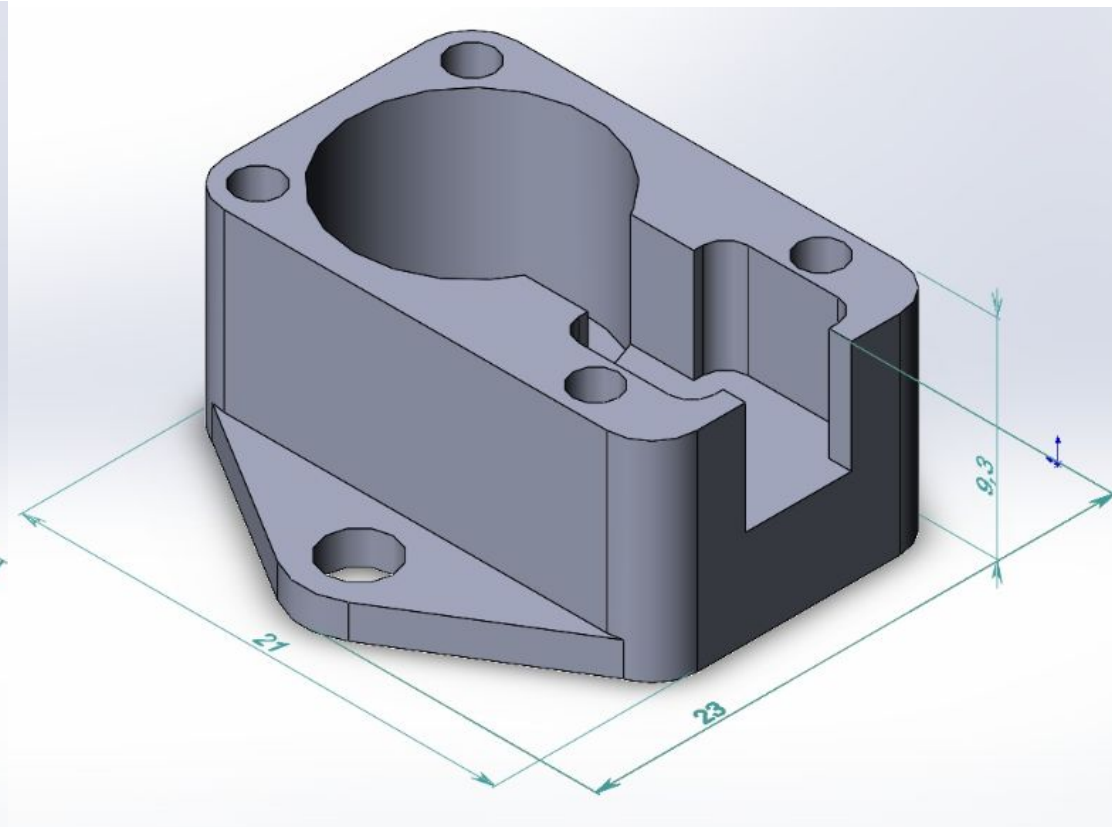
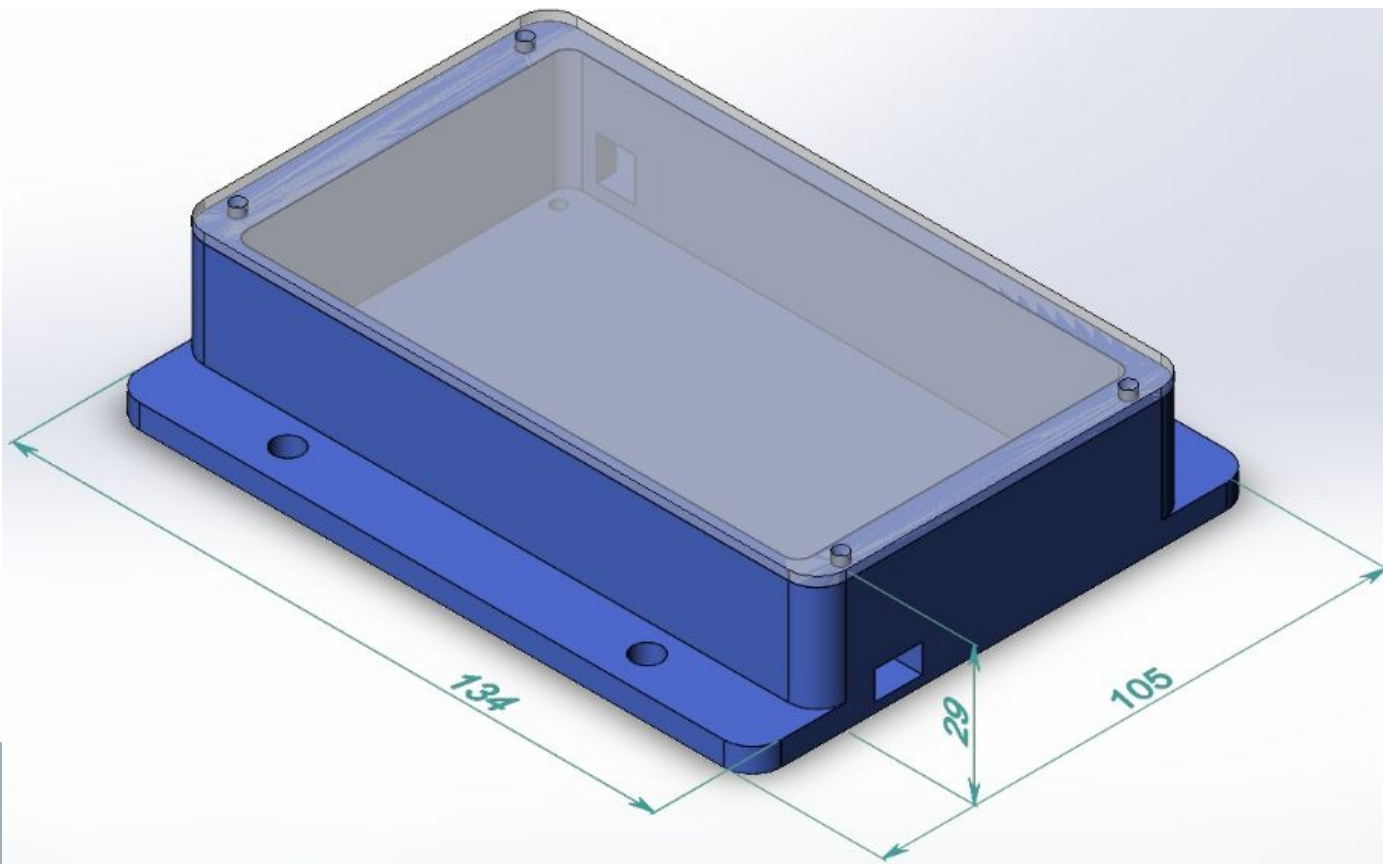
PARAMETERS	VALUES	UNITS
DIRECTIVITY	OMNI	-
SENSITIVITY	-35 $\pm$ 4	dB
STANDARD OPERATING VOLTAGE	2	Vdc
MAX OPERATING VOLTAGE	10	Vdc
CURRENT CONSUMPTION (MAX)	0.5	mA
IMPEDANCE	2.2	kOhm
SIGNAL TO NOISE RATIO (MIN.)	70	dB
TERMINAL	SOLDER PAD	-
INTERNAL CAPACITOR	N/A	pF



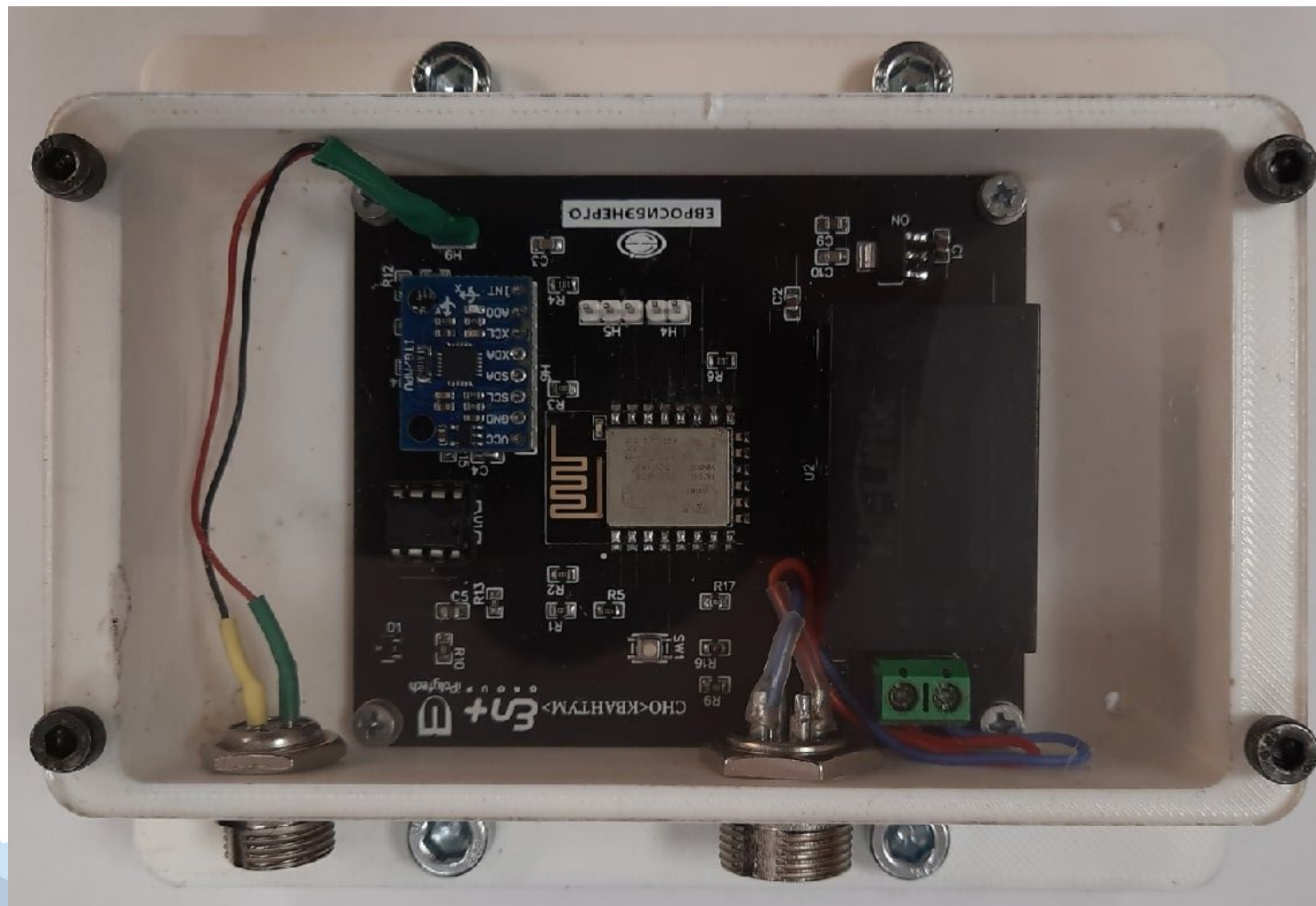






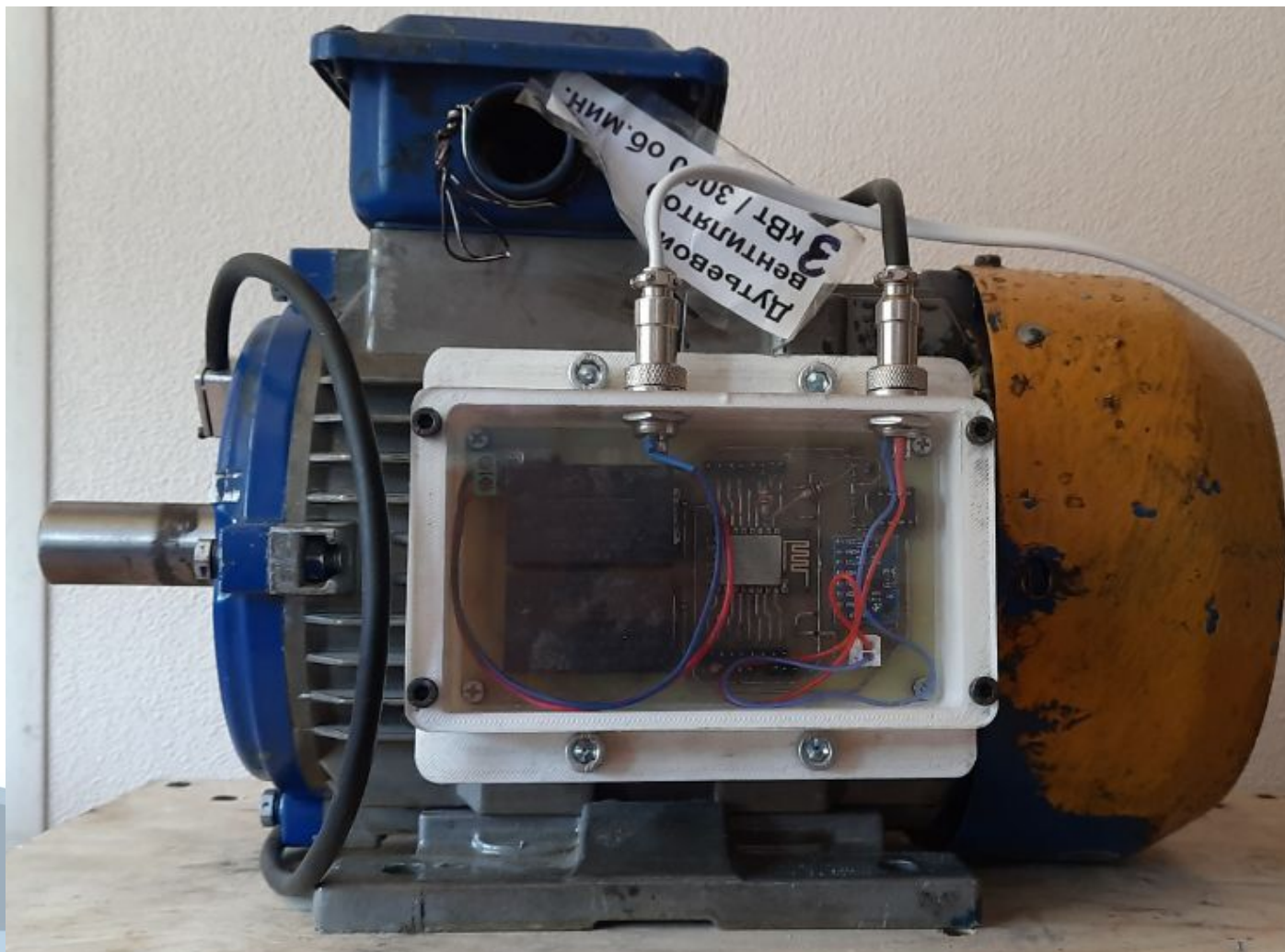


# Крепление и плата в сборе





# Крепление на электродвигатель





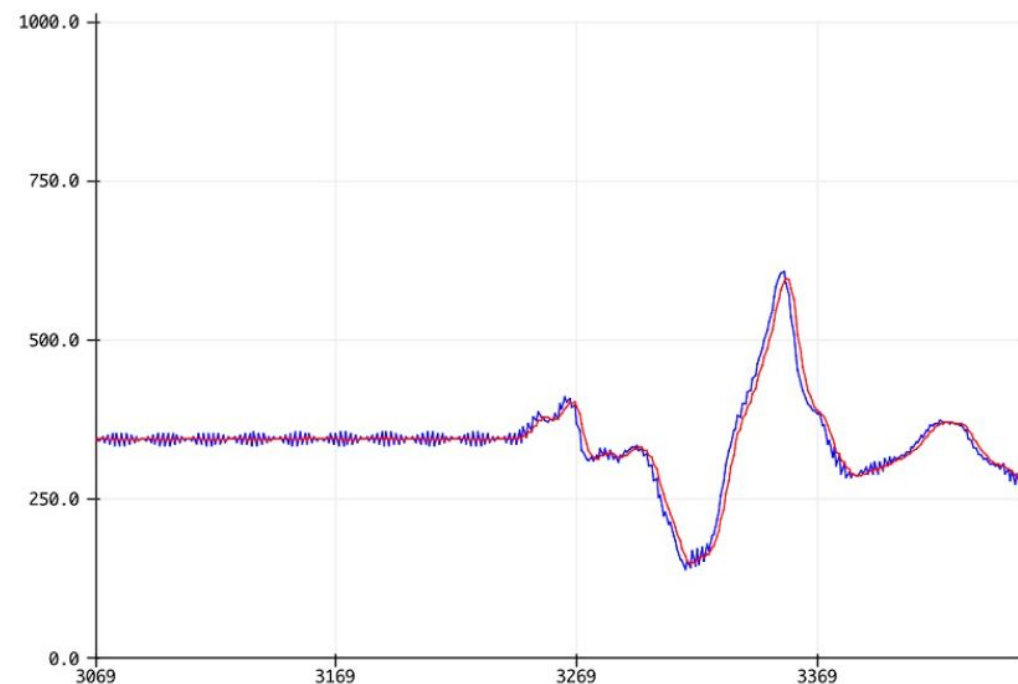
```
#include <Wire.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266mDNS.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <ArduinoOTA.h>

//-----Настройки передачи данных-----
String apiKey = "JJDF988985JRJF77"; //API канала
const char *ssid = "name"; //имя интернета
const char *pass = "password"; //пароль от интернета
const char* server = "api.thingspeak.com"; //сайт для отправки данных
WiFiClient client; //создаёт клиента для подключения к сети
//-----
#define WINDOW_SIZE 5 //Размер окна для фильтра скользящего среднего
int SUM, READUNGS[WINDOW_SIZE], INDEX=0; //Переменные для фильтра скользящего среднего
int SUM1[3], READUNGS1[3][WINDOW_SIZE], INDEX1=0;
const int MPU_addr=0x68; //I2C address of the MPU-6050 (для акселерометра: SDA - D2, SCL - D1)
float AcX,AcY,AcZ,Accel[3],sounds[2]; //переменные для акселерометра и микрофона(A0)
unsigned long tim;

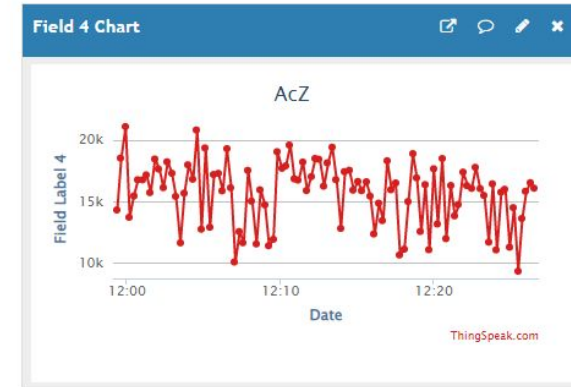
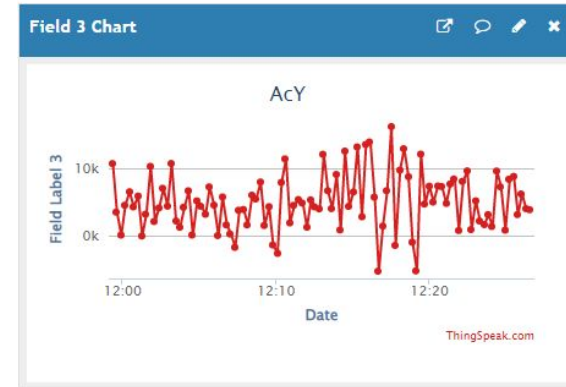
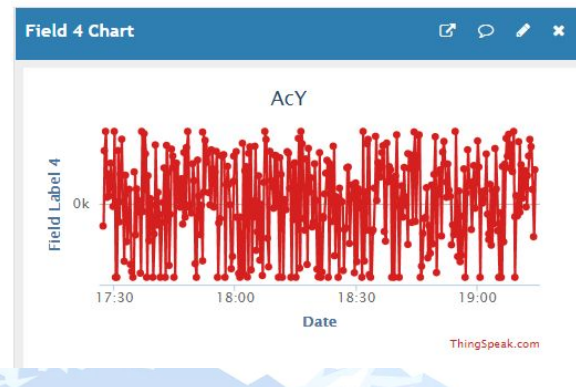
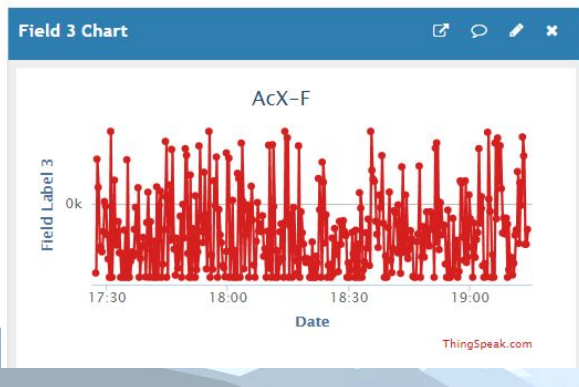
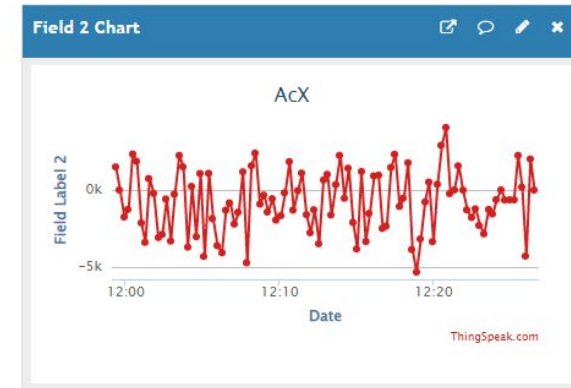
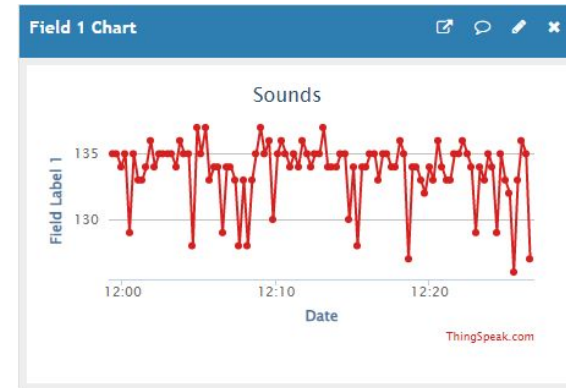
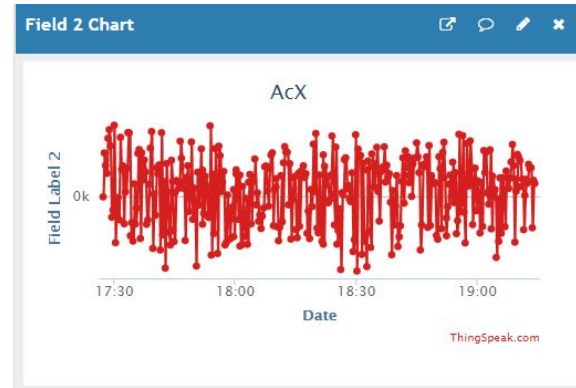
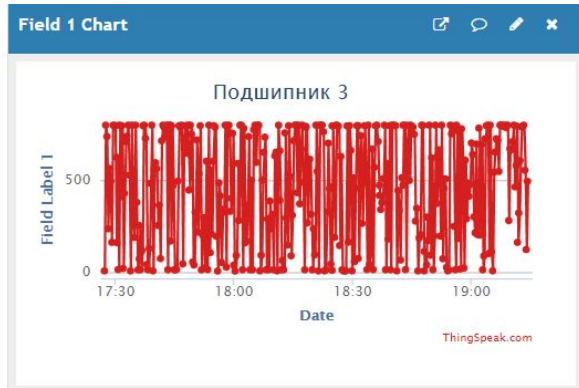
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  WiFi.begin(ssid, pass); //инициализация работы вайфая
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) delay(500); //ожидание подключения к сети
  Wire.begin(); //инициализация библиотеки Wire
  Wire.beginTransmission(MPU_addr); //начало отправки данных на MPU
  Wire.write(0x6B); // PWR_MGMT_1 register (пока не измеряет выключен)
  Wire.write(0); // установка 0 (активируем MPU-6050)
  Wire.endTransmission(true); //окончание отправки
  ArduinoOTA.begin();
}

//-----Функция измерения-----
void measure(){
  Wire.beginTransmission(MPU_addr); //начинает передачу данных на MPU
  Wire.write(0x3B); //какие данные отправятся
  Wire.endTransmission(false); //окончание отправки
  Wire.requestFrom(MPU_addr, 14, true); //запрос байт у ведомого устройства
  AcX=float(Wire.read()<<8|Wire.read()); //запись данных акселерометра
  AcY=float(Wire.read()<<8|Wire.read());
  AcZ=float(Wire.read()<<8|Wire.read());
  AccelAverage(AcX, AcY, AcZ);
  sounds[0]=SoundAverage(analogRead(A0));
  sounds[1]=analogRead(A0);
}
```

```
//-----Основная-----  
void loop(){  
  ArduinoOTA.handle();  
  measure(); //функция измерения  
  if(millis()-tim>=15000){ //задержка 15 секунд  
    if (client.connect(server,80)){  
      String DATA = apiKey;  
      DATA +="%field1="; //номер графика для отправки  
      DATA += String(sounds[0]); //переменная для отправки  
      DATA +="%field2="; //номер графика для отправки  
      DATA += "\r\n\r\n"; //окончание записи данных  
  
      client.print("POST /update HTTP/1.1\r\n"); //начало отправки данных на сервер  
      client.print("Host: api.thingspeak.com\r\n");  
      client.print("Connection: close\r\n");  
      client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\r\n");  
      client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n");  
      client.print("Content-Length: ");  
      client.print(DATA.length());  
      client.print("\r\n\r\n");  
      client.print(DATA); //конец отправки данных на сервер  
      tim=millis(); //запись текущего времени работы  
    }  
  }  
}  
  
//-----фильтры скользящего среднего-----  
float SoundAverage(int a){  
  SUM-=READUNGS[INDEX];  
  READUNGS[INDEX]=a;  
  SUM+=READUNGS[INDEX];  
  INDEX=(INDEX+1)%WINDOW_SIZE;  
  return (SUM/WINDOW_SIZE);  
}  
  
void AccelAverage(float a, float b,float c){  
  float res[]={a,b,c};  
  for(int i=0;i<3;i++){  
    SUM1[i]-=READUNGS1[i][INDEX1];  
    READUNGS1[i][INDEX1]=res[i];  
    SUM1[i]+=READUNGS1[i][INDEX1];  
    INDEX1=(INDEX1+1)%WINDOW_SIZE;  
    Accel[i]=SUM1[i]/WINDOW_SIZE;  
  }  
}
```



## Запись результатов по Wi-fi на сервер



# Конкуренция

	VAMS	Weg Motor Scan	ABB Ability™ Smart Sensor	REMM	AnomAlert
Электрические параметры	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	✓	✓	✓
Температура	<input type="checkbox"/>	✓	✓	✓	<input type="checkbox"/>
Вибрации	✓	✓	✓	✓	<input type="checkbox"/>
Мобильное приложение	<input type="checkbox"/>	✓	✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Web-сервис	✓	✓	✓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Приложение для ПК	<input type="checkbox"/>	✓	✓	✓	✓
Система оповещения	✓	✓	✓	✓	✓
Анализ и предсказание выхода оборудования из строя	✓	✓	✓	✓	✓
Масштабирование	✓	✓	нет данных	<input type="checkbox"/>	✓
Сбор статистики	✓	✓	✓	✓	✓
Стоимость, \$	200	420	620	4900	2000







**Кононенко Роман  
Владимирович**

Руководитель, кандидат  
технических наук,  
доцент



**Волошин Никита  
Анатолевич**

Программист, студент 3  
курса



**Кравчук Данил  
Александрович**

Схемотехник, студент 4  
курса



**Левин Йонатан  
Игорь**

Инженер-конструктор,  
студент 4 курса

В ходе работы было разработана система контроля и диагностики технического состояния электродвигателя в реальном времени. Система соответствует заявленному функционалу. В дальнейшем будут производиться испытания и отладка данной системы в условиях производства.

# Спасибо за внимание

Подшипники, если их  
слушать, то можно их  
понять!

