



Управление образования города Пензы
МБОУ лицей №73 г. Пензы
«Лицей информационных систем и технологий»

Секция «Физика»

Трубчатый анеморумбометр

Работу выполнил:
Аляева Виктория, ученица 8 класса.

Научный руководитель:
учитель технологии
Пеганов Станислав Юрьевич

Пенза 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Теоретическая часть.....	6
Практическая часть	9
Назначение устройства	9
Состав устройства	10
Функциональная схема устройства	10
Принцип измерения величины скорости и направления ветра.....	11
Расчет направления и скорости ветра.	14
Калибровка измерения скорости ветра.....	17
Испытания трубчатого анемометра.....	18
Заключение	19
Литература	19

ВВЕДЕНИЕ

Движение воздуха относительно земной поверхности называется ветром. Как правило, имеется в виду горизонтальная составляющая движения. Иногда говорят о восходящем или нисходящем ветре, т. е. Учитывают вертикальную составляющую этого движения.

Измерение скорости и направления ветра необходимо для осуществления различной успешной деятельности человека. Такие измерения широко применяются в метеорологии, в вентиляции или трубопроводах на производственных предприятиях, в строительной сфере на высокой грузоподъемной технике, в авиации и аэропортах, угледобывающих шахтах и горных выработках, метрополитене, сельском хозяйстве при распылении препаратов, во время проведения спортивных мероприятий.

Цель:

Изготовить Трубный Анеморумбометр для измерения скорости и направления ветра, исключив в его конструкции вращающиеся детали.

Задачи:

1. Изучить теоретические сведения о методиках измерения скорости и направления ветра.
2. Разработать собственную конструкцию Анеморумбометра.
3. Разработать методику измерения и расчета указанных величин.
4. Произвести испытания и оценку точности измерений созданного прибора.

Актуальность

Создаваемый прибор не включает в себя вращающиеся детали, а также использует для измерения высокоточные лазерные датчики расстояния. Исключение вращающихся деталей повышает срок эксплуатации прибора, ввиду отсутствия долговременных механических нагрузок на узлы прибора. Также следует отметить низкую стоимость созданного прибора по сравнению с имеющимися на рынке.

Теоретическая часть

Ветер характеризуется вектором скорости. Известно, что всякий вектор определяется абсолютной величиной и направлением. Когда говорят о скорости ветра, имеют в виду только числовое ее значение, т. е. путь, проходимый индивидуальным объемом воздуха за единицу времени относительно земной поверхности. Направление вектора скорости называется направлением ветра. За направление ветра принимается азимут точки, откуда дует ветер, отсчитываемый от точки севера через восток. Скорость ветра выражается в метрах в секунду (м/с). При обслуживании авиации скорость ветра выражают в километрах в час (км/ч), а при обслуживании морского флота - в узлах, т. е. в морских милях в час.

Скорость ветра также может оцениваться и в баллах по так называемой шкале Бофорта. По шкале весь интервал возможных значений скорости ветра делится на 12 градаций. Каждая единица шкалы связывает скорость ветра с различными его эффектами, такими, как степень волнения моря, качание ветвей деревьев, распространением дыма из труб и т. д. В настоящее время эта шкала вышла из употребления.

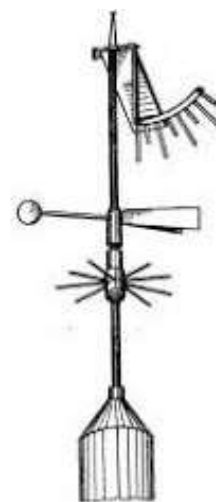
Различают сглаженную скорость ветра, т. е. некоторую среднюю величину скорости за некоторый обычно небольшой промежуток времени, в течение которого производятся наблюдения, и мгновенную скорость ветра в данный момент (измеряемую очень малоинерционным прибором). Мгновенная скорость ветра отмечает порывы и внезапное ослабление ветра. Она очень сильно колеблется около сглаженной скорости, временами может быть значительно меньше или больше ее. На метеорологических станциях обычно измеряют сглаженную скорость ветра, и в дальнейшем речь будет о ней. Средние скорости ветра у земной поверхности близки к 5 - 10 м/с. и редко превышают 12 - 15 м/с. В сильных атмосферных вихрях и штормах умеренных широт скорости могут превышать 30 м/с, а в отдельных порывах достигать 60 м/с. В тропических ураганах скорости ветра доходят до 65 м/с, а отдельные порывы, судя по разрушениям, превышает 100 м/с.

Направление ветра— один из показателей движения атмосферного воздуха. Метеорологическое направление ветра указывает азимут точки, откуда дует ветер; тогда как аэронавигационное направление ветра — куда дует: таким образом, значения различаются на 180° . Навигационный ветер применяется исключительно как вспомогательная величина при расчетах. Метеорологическое направление ветра — та величина, к которой привык каждый из нас. Юго-западный ветер означает, что ветер дует с Юго-запада, если пересчитать в градусы, то получим направление 225 градусов, именно в таком виде и применяется значение направления ветра в авиации.



Для измерения направления ветра используются разнообразные инструменты, флюгеры и румбометры. Оба этих инструмента работают, двигаясь при малейшем дуновении ветра.

В флюгере Вильда давление, оказываемое ветром, отклоняет от положения равновесия вертикально висящую металлическую доску. По скорости вращения вертушки или по отклонению доски можно определить скорость ветра.



Наибольшее распространение получили анемометры с приемными частями в виде вертушек (чашечный анемометр, мельничный анемометр), которые вращаются с большей или меньшей скоростью в зависимости от давления на них ветра

Есть конструкции, основанные на манометрическом принципе (трубка Пито) либо на измерении величины охлаждения нагретого тела под действием ветра (термоанемометр).



Ультразвуковой анемометр предназначен для измерения скорости и направления ветра без применения механических частей. Принцип действия ультразвукового анемометра основывается на измерении времени прохождения акустических импульсов между частями электроакустических преобразователей в зависимости от скорости ветра.

Приборы для измерения ветра на наземных метеорологических станциях устанавливаются на высоте 10-12 м над земной поверхностью. Измеренный ими ветер и называется ветром у земной поверхности.

Практическая часть

Назначение устройства

Трубный Анеморумбометр предназначен для измерения скорости и направления ветра по отклонению пластиковой трубы, закрепленной на шаровой опоре.



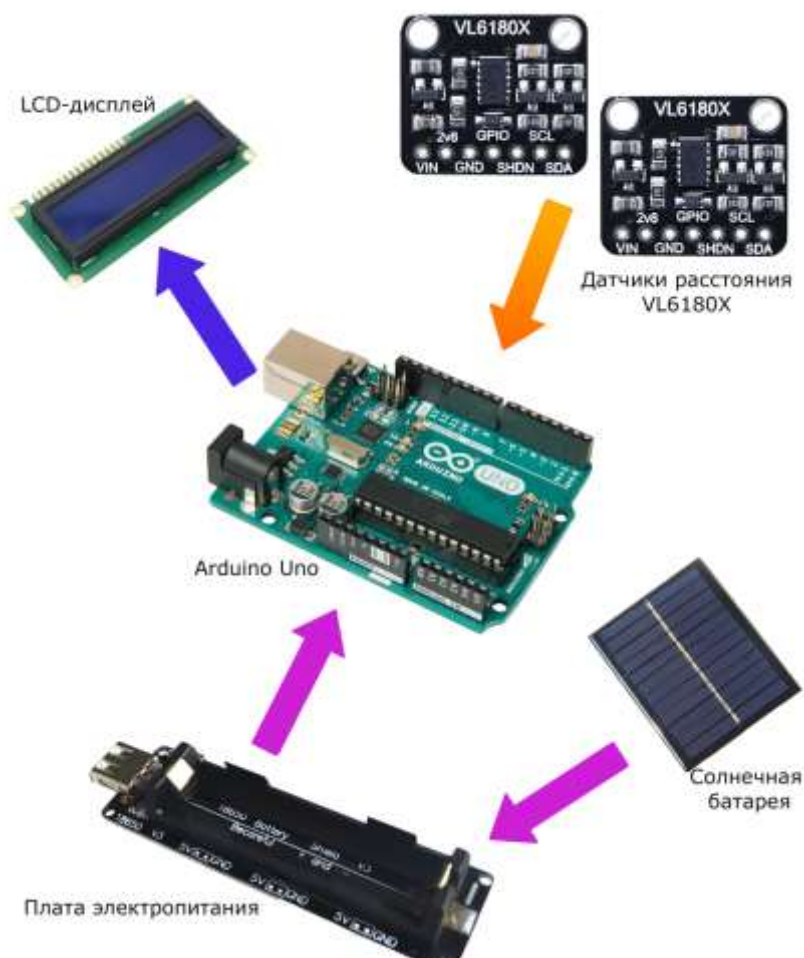
Обеспечивает:

1. Измерение скорости ветра до 15 м/с с точностью 0.5м/с.
2. Измерение направления ветра 5°.
3. Индикацию измеренных значений на встроенном ЖК дисплее.
4. Передачу полученных данных по Bluetooth на ПК или смартфон.

Состав устройства

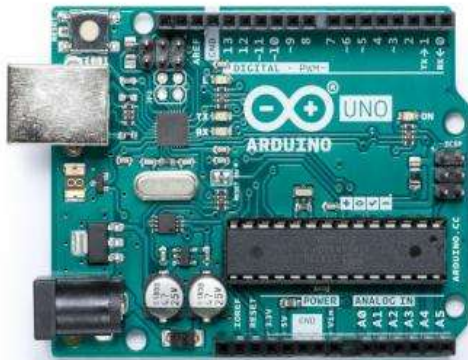
1. Пластиковая труба для вентиляции $\varnothing 150$ мм.
2. Алюминиевый профиль 14x14мм.
3. Шаровая опора трубы.
4. Основание для крепления в фотоштативе, с площадкой для компаса.
5. Компас.
6. Плата Arduino Uno.
7. 2 Лазерных датчика измерения расстояния VL6180X.
8. ЖК дисплей 16x2.
9. Плата электропитания и заряда Li-On аккумулятора типа 18650.
10. Солнечная батареей 5В.

Функциональная схема устройства



Основные элементы конструкции

Плата Arduino Uno



ArduinoUno — контроллер построен на ATmega328 (техническое описание, pdf). Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи. Принцип измерения вышеуказанных величин основан на следующем:

Лазерные датчики измерения расстояния VL6180X



Лазерный дальномер на основе VL6180X представляет из себя датчик приближения и освещения, реализованный в миниатюрном корпусе LGA12 размерами $4.8 \times 2.8 \times 1.0$ мм.

В составе сенсора VL6180X содержатся лазерный излучатель (IR-Emitter), SPAD-приёмник (Range sensor) и датчик освещенности (Ambient Light Sensor). А также ОЗУ, ПЗУ и микроконтроллер.

Технические характеристики

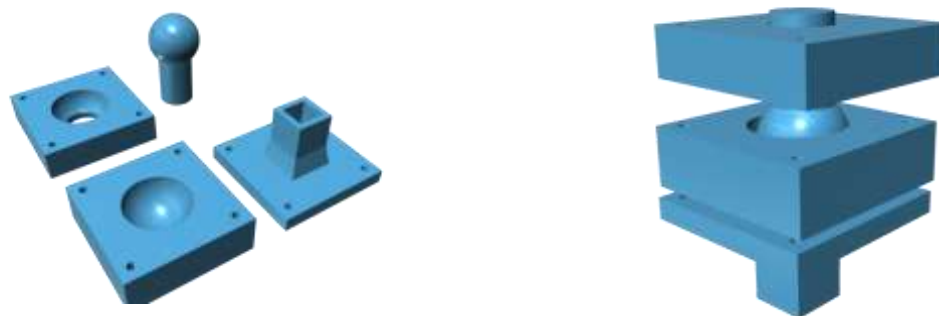
- Модель: HW-604
- Чип: VL6180X STM
- Питание, напряжение логики: 3.3 ~ 5В
- Ток потребления: 1.9 мА
- Диапазон измерения расстояния: 0...100 мм с шагом 1 мм
- Погрешность, макс.: 2 мм

- Диапазон измерения освещенности: 0.08...20800 Люкс в открытом состоянии, более 100000 Люкс под стеклом
- Настроек усиления: 8
- Разрядность данных: 16 бит
- Длина волны излучателя: 850 нм
- Протокол связи: I2C (400 кГц), адрес 0x29h 7-битный
- Рабочая температура: -20 до +70°C
- Размер датчика: 4.8 x 2.8 мм
- Размер модуля: 20.4 x 18 x 2.8 мм

Принцип измерения величины скорости и направления ветра.

Принцип измерения вышеуказанных величин основан на следующем:

Труба, закрепленная на шаровой опоре под действием ветра, будет отклоняться от своего строго вертикального положения.



При этом лазерные датчики расстояния, закрепленные на стойке (алюминиевый профиль) внутри трубы зафиксируют изменение расстояния до ее стенок. По данным изменениям достаточно легко вычислить скорость и направления ветра.

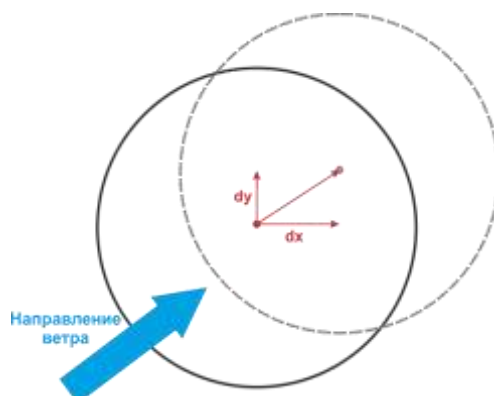


При условии установки датчиков строго по направлениям сторон света, направление ветра определяется исходя из виртуально построенного прямоугольного треугольника и его тригонометрических соотношений. Для установки устройства по сторонам света, в его составе имеется компас.

Для вычисления скорости ветра по указанным данным требуется калибровка устройства с помощью эталонного анемометра и введение корректирующего коэффициента.

Расчет направления и скорости ветра.

Расчет направления и скорости ветра производится, как уже было указано выше на основании величин отклонения трубы.



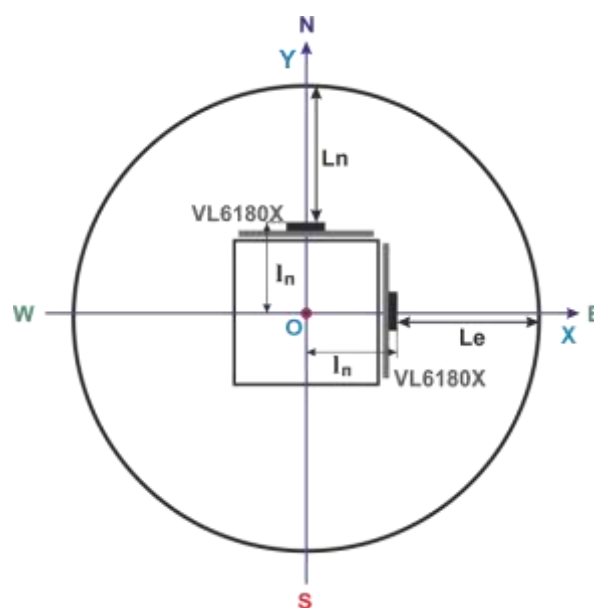
Введем 2-х мерную (X,Y) систему координат, где ось X направлена на Север (Nord), а ось Y направлена на Восток (East), точка отсчета совпадает с центром оси (квадратного алюминиевого профиля) на уровне расположения лазерных датчиков расстояния.

В исходном состоянии, при отсутствии ветра расстояние до стенок трубы по обеим осям (X,Y) будет равно радиусу окружности трубы R. При этом следует учесть, что с точки измерения расстояния датчиками:

$$R = L_e + l_{\Pi}$$

$$R = L_{\Pi} + l_{\Pi}$$

где L_{Π} и L_e – расстояния измеренные датчиками по соответствующим направлениям, l_{Π} – расстояние от центра профиля до закрепленных датчиков.



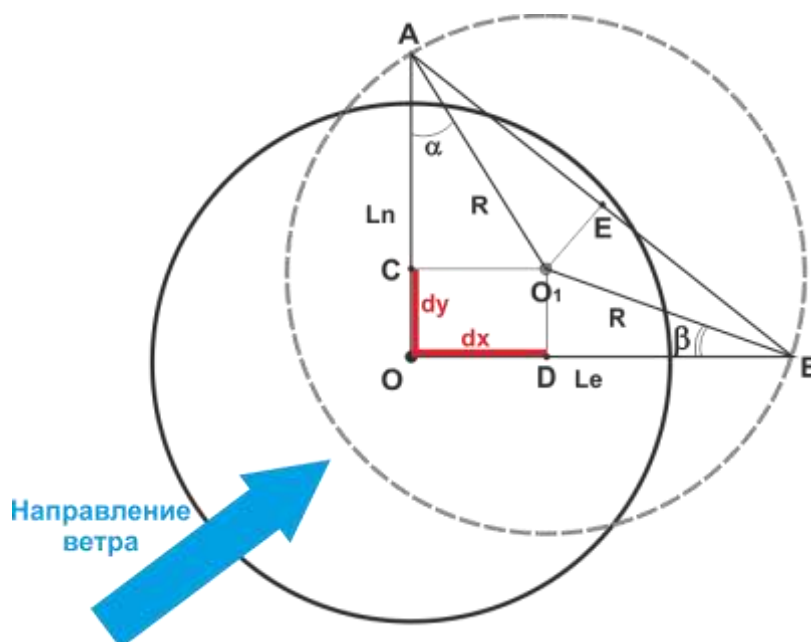
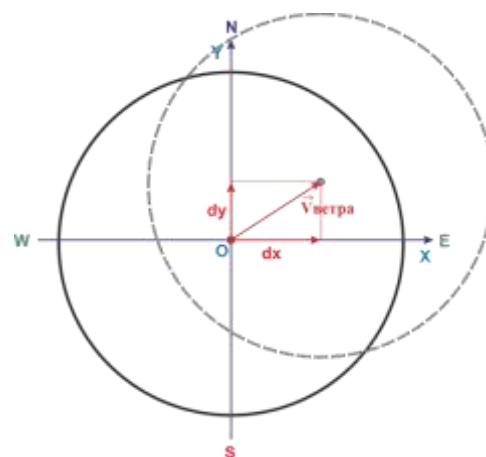
Как было указано выше скорость и направление рассчитываются по величинам смещения (d_x , d_y) трубы относительно центра оси.

$$V_{\text{ветра}} = \sqrt{d_x^2 + d_y^2}$$

Для получения истинных значений, по результатам калибровки данное значение необходимо будет умножить на калибровочный коэффициент.

$$V_{\text{ветра}} = k \sqrt{d_x^2 + d_y^2}$$

Рассмотрим прямоугольные треугольники ΔAO_1C и ΔBO_1D , для вычисления dx и dy .



ΔAO_1C :

$$AC = R \cos \alpha;$$

$$AC = L_n - d_y;$$

$$L_n - d_y = R \cos \alpha;$$

$$d_y = -R \cos \alpha;$$

ΔBO_1D :

$$BD = R \cos \beta;$$

$$BD = L_e - d_x;$$

$$L_e - d_x = R \cos \beta;$$

$$d_x = L_e - R \cos \beta;$$

В данных выражениях нам неизвестны углы α и β , найдем из треугольников ΔOAB и ΔO_1AB .

$$AB = \sqrt{L_n^2 + L_e^2}$$

ΔO_1AB равнобедренный, так как $O_1A = O_1B = R \Rightarrow AE = EB$;

$$\angle O_1AB = \arccos \frac{AB}{2R};$$

$$\angle OAB = \arccos \frac{L_n}{AB};$$

$$\angle OAO_1 = \angle \alpha = \angle OAB - \angle O_1AB = \arccos \frac{L_n}{AB} - \arccos \frac{AB}{2R};$$

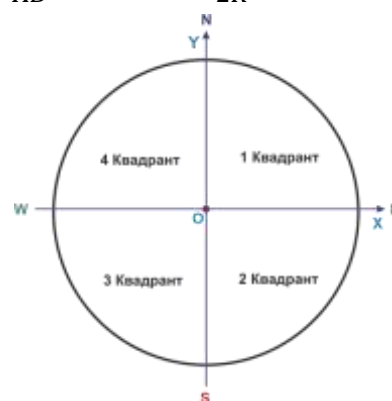
$$\angle OBA = 90^\circ - \angle OAB = 90^\circ - \arccos \frac{L_n}{AB};$$

$$\angle O_1BO = \angle \beta = \angle OBA - \angle O_1AB = 90 - \arccos \frac{L_n}{AB} - \arccos \frac{AB}{2R}.$$

Для вычислений направления ветра (Direction – направление), необходимо разделить принятую координатную плоскость на 4 квадранта.

Разделение на квадранты необходимо для определения азимута направления ветра, который отсчитывается от направления на север по ходу часовой стрелки.

Таким образом, для 1 квадранта он будет равен:



Квадрант 1

$$\text{Direction} = 90^\circ - (\arctg(dy/d_x) * 180/\pi)$$

Соответственно для:

Квадрант 2

$$\text{Direction} = 90^\circ + (\arctg(-dy/d_x) * 180/\pi)$$

Квадрант 3

$$\text{Direction} = 270^\circ - (\arctg(-dy/-d_x) * 180/\pi)$$

Квадрант 4

$$\text{Direction} = 270^\circ + (\arctg(dy/-d_x) * 180/\pi)$$

Как видно, из приведенной схемы, также необходимо учитывать знаки dx и dy , а соответственно и формулы для подсчета азимута направления ветра.

Калибровка измерения скорости ветра.

Калибровка измерения скорости ветра необходима для нахождения калибровочного коэффициента для определения его скорости по отклонениям dx и dy .

Состав установки для калибровки:

1. Трубный анемометр.
2. Крыльчатый анемометр (Эталонный).
3. Бытовой Фен.
4. Штативы.



Изменение скорости ветра фен осуществлялось удалением фена от анемометров фена. Результаты занесены в следующую таблицу.

№ п/п	Эт. анемометр, м/с	dx	dy	$\sqrt{d_x^2 + d_y^2}$	k
1	0	0,05	0,03	-	-
2	3,2	6,8	7,6	10,2	0,32
3	3,9	7,2	8,2	10,9	0,36
4	4,5	8,6	9,9	13,1	0,34
5	5,1	9,4	10,8	14,3	0,35

Испытания трубчатого анемометра

Испытания трубчатого анемометра проходили во дворе лицея №73, они показали следующее:

1. Конструкция анемометра выдерживает сильные порывы без нарушения конструкции (максимальная сила ветра достигала 20 м/с).
2. Совместное измерение с крыльчатым анемометром показало аналогичную точность измерения.
3. Точность измерения направления ветра достигала 2° - 5° .

Таким образом по результатам испытаний можно сделать вывод о полной работоспособности предложенной мной конструкции.



Заключение

Созданный мной прибор обеспечивает достаточную точность измерений направления и скорости ветра.

Может быть рекомендован для использования на стационарных постах для метеонаблюдений.

Преимуществом прибора является его низкая стоимость (~ 1000р), механическая прочность, большой срок службы за счет отсутствия движущихся деталей и частей.

Недостатком прибора является большие габариты, в связи с чем затруднения связанные с использованием в полевых условиях.

Дальнейшая работа над усовершенствованием прибора в основном будет направлена созданием системы передачи и хранения данных.

Литература

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Анемометр>
2. <https://tehpribory.ru/glavnaia/pribory/anemometr.html>
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Анеморумбометр>
4. <https://merapribor.ru/catalog/osadkomery/peleng/sf-03/>

РЕЦЕНЗИЯ

на научно-исследовательский проект учащихся
Лицея информационных систем и технологий №73

«Трубчатый анеморумбометр»

Данный учебно-исследовательский проект учащейся является одним из ярких примеров разработки инженерной задачи. Не секрет, что на сегодняшний день одной из актуальных проблем современности является проблема воспитания инженерных кадров. Созданное устройство, несмотря на то, что оно создано учащейся 8 класса, включает в себя ряд интересных идей и предложений, заслуживающих рассмотрения специалистами метеорологического направления.

Так же следует отметить низкую себестоимость данного устройства по сравнению с аналогичными приборами серийного производства.

Данная работа также демонстрирует комплексный подход к решению поставленных задач, изучение материалов из различных разделов физики, информатики и технологии.

Процесс создания устройства, разработки и испытания ученицы показал ее заинтересованность в решении совокупности задач в сфере создании мобильных устройств и их программирования, изучении материалов не входящих в состав школьной программы.

Вместе с тем следует отметить, что работа в данном направлении может и должна быть продолжена с учетом расширения возможностей данного прибора, совершенствованию алгоритмов работы и возможностей автоматизированного анализа, прогнозирования и оповещения сотрудников метеорологической службы.

Я, считаю, что проведенная работа заслуживает высокой оценки с точки зрения профессиональной ориентации, инженерной подготовки учащихся и освоения ими новых инновационных технологий.

Учитель физики высшей категории
Лицея №73



Е.В.Пеганова