

# РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬ- НОГО АППАРАТА

Е. В. Козинская

*Белорусский государственный университет, г. Минск;*

*kozinskaya\_katya@mail.ru;*

*науч. рук. – А. А. Спиридонов, ст. преп.*

В данной работе был разработан модуль мониторинга чрезвычайных ситуаций, состояния природных и сельскохозяйственных объектов для беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 4 Advanced. В качестве отладочного комплекса была выбрана одна из самых популярных плат с открытым программным кодом – Arduino Uno. Компоненты модуля подбирались таким образом, чтобы с их помощью можно было оценить общую картину состояния окружающей среды: температуру, влажность, освещенность, степень загрязнения газами, пылью и радиацией, повышение уровня шума. Была разработана система приёма-передачи, хранения и обработки полученных данных. Модуль успешно прошел тестовые испытания.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат; модуль мониторинга; состояние окружающей среды.

Уже несколько десятилетий учёные бьют тревогу по поводу приближающейся экологической катастрофы. С каждым годом проблема загрязнения окружающей среды становится всё более актуальной из-за роста количества выбросов в атмосферу токсичных паров, твёрдых частиц и излучения. Это приводит к глобальным изменениям климата, что негативно влияет на биосферу. С помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) отслеживание состояния окружающей среды становится простым и доступным в масштабах города и страны.

Основной угрозой при возникновении чрезвычайных, аварийных и пожароопасных ситуаций на природных и сельскохозяйственных объектах является загрязнение окружающей среды с возникновением пожаров и угрозой для жизни людей, а также с большим экономическим ущербом вследствие потерь продукта и нарушения непрерывного производственного процесса. Чтобы ликвидировать последствия и минимизировать ущерб чрезвычайных ситуаций, крайне необходимы своевременные и достоверные данные о развитии подобных ситуаций. Основным направлением совершенствования системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в состояниях природных и сельскохозяйственных объектов является внедрение систем мониторинга. Беспилотные авиационные комплексы имеют явное преимущество перед другими способами в ситуациях, когда требуется оперативность. Сокращение общего времени реагирования связано с тем, что не требуется развертывания обеспечивающих

средств, которые необходимы при применении других способов. Они позволяют выявить чрезвычайную ситуацию, провести объективную оценку ситуации и незамедлительно её ликвидировать. Поэтому работа в области разработки архитектуры построения и методов аэроэкологического мониторинга чрезвычайных ситуаций, состояния природных и сельскохозяйственных объектов является актуальной.

При разработке модуля мониторинга на основе коммерческих датчиков подбирались такие компоненты, с помощью которых можно было бы оценить общую картину состояния окружающей среды: температуру, влажность, освещенность, степень загрязнения газами, пылью и радиацией, повышение уровня шума.

Существует множество микроконтроллеров и платформ для осуществления «physical computing»: Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard и многие другие. Однако в качестве отладочного комплекса была выбрана одна из самых популярных плат с открытым программным кодом семейства Arduino – Arduino Uno на базе микроконтроллера ATmega328. Эта плата обладает рядом преимуществ перед другими, схожими по функционалу устройствами: относительно низкая стоимость, кросс-платформенность, простая и понятная среда программирования. Для удобства работы с Arduino существует бесплатная официальная среда программирования Arduino IDE, работающая под Windows, Mac OS и Linux. Работа возможна также через Visual Studio, Eclipse, другие IDE или командную строку.

Для сборки модуля мониторинга окружающей среды были подобраны датчики, совместимые с платформой Arduino:

- Счетчик Гейгера J305 – основной сенсор для измерения радиации. Он регистрирует альфа-, бета-, гамма-излучение и рентгеновские лучи. Обладает самой высокой чувствительностью в сравнении с другими способами регистрации радиации, например, ионизационными камерами. Диапазон измеряемых значений – от 2 мкР/ч до 120мР/ч.

- Модуль датчика температуры и влажности DHT-22, состоящий из чувствительного ёмкостного датчика и NTC-термистора. Датчик достаточно точный, погрешность измерений составляет  $\pm 2\%$ . Фиксируемый диапазон значений: влажность — 0~100%; температура – от -40 до 80 °C.

- Датчик газа MQ-6 предназначен для контроля концентрации изобутана, бутана и сжиженных углеводородных газов в диапазоне от 200 до 10000 ppmv (ppmv – миллионная доля исследуемых газов в расчете на один кубометр воздуха). Отличается высокой скоростью реагирования и повышенной чувствительностью в широком диапазоне концентраций.

- Сенсор освещенности GY-30 представляет собой люксметр для определения освещенности с широким диапазоном измерений – от 0 до 65535 лк.

- Датчик пыли DSM-501 предназначен для определения чистоты воздуха и детектирует количества пылевых или дымовых частиц в диапазоне от 0 до 250 мкг/м<sup>3</sup>. Он позволяет обнаружить частицы пыли размером от 2,5 мкм.

- Датчик удара и вибрации 801S используется для определения внешних вибрационных воздействий. Основа датчика вибрации – гибкая металлическая пружинка, внутри пластиковой трубки, которая колеблется от любых воздействий на неё. Диапазон величин – от 0 до 250 мм/с.

- Модуль положения GY-521, включающий в себя гироскоп для измерения линейных ускорений и акселерометр – угловых скоростей. Совместное использование акселерометра и гироскопа позволяет определить движение тела в трехмерном пространстве. Программируемый диапазон значений: для гироскопа –  $\pm 2000^\circ/\text{сек}$ , акселерометра –  $\pm 155 \text{ м/с}^2$ ).

Передача информации происходит с помощью приёмо-передатчиков HC-12. Этот модуль работает как беспроводной удлинитель UART и не вносит каких-либо изменений в передачу информации, рабочая частота— 433,4–473,0 МГц, мощность передатчика – до 100 мВт, дальность передачи информации – до 1000-1800 м на открытом пространстве в зависимости от режима работы.

Для модуля был использован шилд Data Logging Shield v.1.0, предназначенный для синхронизированной записи информации, ее хранения и считывания на внешний носитель информации – SD-карту.

Модуль имеет автономный от дрона источник питания – Power Bank. На его плате установлен литий-ионный аккумулятор ёмкостью 2000 мА·ч, а также встроена защита от перегрузки – если ток превысит 900 мА, срабатывает контур предохранителя и устройство выключится. Система способна работать более двух суток, используя данный Power Bank.

Разработанный модуль мониторинга состояния окружающей среды на основе коммерческих датчиков был протестирован с помощью беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 4 Advanced, продемонстрировав свою работоспособность. Дрон способен поднимать небольшой полезный груз без существенных изменений своих летных характеристик. Ёмкости его аккумулятора хватит, чтобы непрерывно проводить аэроэкологический мониторинг в течение получаса. Ниже приведены данные, полученные с помощью датчиков (см. рисунок):

```

Humidity = 26.00 %
Temperature = 17.50 °C
Gas_sensor = 232 ppmv
Vibration_sensor = 45 mm/s
Illumination = 700 lx
Radiation = 12 µR/h
Dust_coefficient = 52.35 µg/s^3
Accelerometer  aX = 56    | aY = -65 | aZ = 12    m/s^2
Gyroscope      gX = -163 | gY = -43 | gZ = -387 °/s

```

*Рис. 1.* Результат работы разработанного модуля мониторинга окружающей среды

На данный момент в мире создано достаточно большое количество аналогичных систем, поэтому главным преимуществом данного модуля станет его бюджетность, мобильность, легкость в эксплуатации и обслуживании. Эта система работает автономно от беспилотника, что дает возможность использовать её для любого другого летательного аппарата, а также проводить измерения в стационарном состоянии. Кроме этого, при появлении на рынке новых модулей, можно обновлять данную систему не меняя платформу.

DJI Phantom 4 Advanced, с помощью которого проводился мониторинг, способен осуществлять полет в небольшой дождь, также относительно устойчив к радиационному загрязнению, есть опыт применения его в Чернобыльской зоне отчуждения. Однако сильное радиационное воздействие негативно сказывается на нем и на работе большинства датчиков разработанного модуля; возможно обнаружение данной чрезвычайной ситуации, но не длительный ее мониторинг.

Таким образом, использование беспилотного летательного аппарата, в качестве полезной нагрузки которого выступают камера высокого разрешения и система датчиков мониторинга, позволяет оперативно измерить параметры среды, а это помогает своевременно ликвидировать чрезвычайную ситуацию и снизить риск дальнейшего загрязнения окружающей среды.

#### **Библиографические ссылки**

1. *Н.Н. Зосимович.* Беспилотники для экологического мониторинга // LAP LAMBERT Academic Publishing 2013
2. *В.С. Фетисов.* Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние // Уфа: ФОТОН, 2014