

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЗАПУСК ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО МОДУЛЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ОКОЛОЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

ФГБОУ ВО "Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)":
Касьянова Мария Андреевна, специалистет,
Черкасова Марина Александровна, специалистет,
Березина Светлана Львовна, к.т.н., доцент;
 ПАО "Ракетнокосмическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королева":
Зубрицкий Дмитрий Сергеевич, заместитель главного конструктора

Приводятся результаты реализации молодежного проекта по разработке, изготовлению и запуску исследовательского модуля для мониторинга параметров околоземной атмосферы. Решены задачи баллистического проектирования, энергопитания, системы ориентации модуля, его выведения с помощью ракеты# носителя на высоту до километра. Осуществлен мониторинг параметров атмосферы с передачей телеметрической информации на наземную приемную станцию.

The results of the implementation of the youth project on the development, manufacture and launch of a research module for monitoring the parameters of the near#Earth atmosphere are presented. The problems of ballistic design, power supply, the module orientation system, and its launch with the help of a launch vehicle to an altitude of up to a kilometer have been solved. The atmospheric parameters were monitored and telemetric information was transmitted to the ground receiving station.

Ключевые слова: исследовательский модуль, ракета-носитель, метеорологические параметры, данные телеметрии
Keywords: research module, launch vehicle, meteorological parameters, telemetry data

Введение

Естественнонаучное образование в соответствии с мировыми стандартами ориентировано на проектное и проблемное обучение [1,2,3,4]. Помимо необходимости усвоения теоретической и практической составляющих приобретаемых знаний, акценты смещаются на их практическое применение, на формирование у студентов умений и навыков принимать самостоятельные решения в разработке моделей, стратегий, проектов по различным прикладным инженерным направлениям.

Представленная в статье работа выполнена в рамках молодежного образовательного проекта на базе Ракетнокосмической корпорации "Энергия", предоставившей необходимое экспериментальное оборудование и испытательный полигон с наземной приемной станцией.

Целью работы является разработка, изготовление и применение исследовательского модуля для мониторинга метеорологических параметров околоземной атмосферы (температуры, давления, содержания оксида углерода) с передачей телеметрической информации на наземную приемную станцию.

Методика эксперимента

Построение эксперимента включало:

- * разработку схемы и изготовление исследовательского модуля;
- * проведение полного цикла испытаний и предполетных проверок систем модуля;
- * запуск модуля на заданную высоту с помощью ракеты-носителя;
- * мониторинг параметров атмосферы;
- * анализ телеметрии аппарата во время полета;
- * передачу данных на наземную приёмную станцию;
- * определение местоположения исследовательского модуля после приземления;
- * обработку полученных данных.

При проектировании исследовательского модуля использовалась компьютерная методика 3D-моделирования. Элементы конструкции печатались на 3D-принтере послойным наплавлением термопластичного пластика PLA с повторением контуров цифровой модели. Силовым каркасом модуля служила алюминиевая пластина.

В функции управляющей системы аппарата входило обеспечение связи между системами, включающее:

- * фиксирование времени отделения аппарата от ракеты-носителя;

- * выдачу команд в пилотную систему;
- * контроль текущего и переход на следующий этапы работы;
- * контроль заряда аккумуляторных батарей;
- * сбор метеорологических данных.

Решались задачи по измерению распределения температуры и давления и уровня содержания оксида углерода CO на траектории спуска и получению и интерпретации данных 3-х-осевого акселерометра.

В процессе эксперимента также производились:

- * забор проб воздуха на различных высотах в герметичные капсулы для последующего химического анализа в лабораторных условиях;
- * резервирование измерения давления и температуры;
- * оценка точности определения высоты по барометрической формуле;
- * проверка полученных данных датчиков на достоверность;
- * копирование данных на внешний носитель (SD);
- * определение местоположения аппарата (GPS).

В компоновку атмосферного зонда входили платы с датчиками, микроконтроллером, передатчиком и автономным источником энергопитания. **Схема модуля включала** (рис. 1):

- * микроконтроллер Atmega 128;
- * радиомодуль HC12;
- * GPS-система позиционирования;
- * датчик давления и температуры BMP280;
- * датчик температуры DS18B20;
- * датчик содержания оксида углерода MQ7;
- * высотомер (сонар) HCSR04;
- * три акселерометра ADXL345;
- * три редукторных электродвигателя.

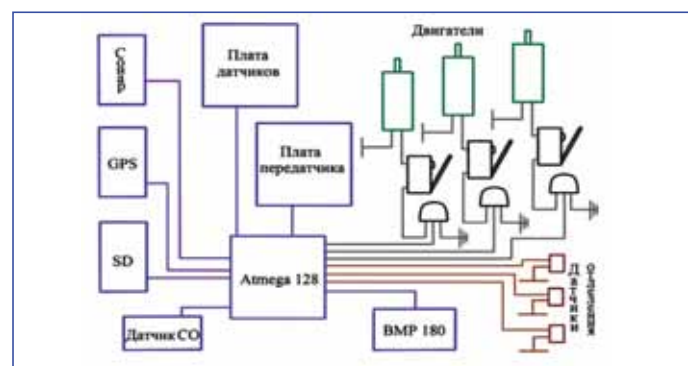


Рис.1. Схема подключений в исследовательском модуле

В соответствии с разработанной для микроконтроллера программой в его задачи входило:

- * "слежение" за показаниями датчиков;
- * "ожидание" определенного события для завершения одного цикла и начала другого;
- * вычисление высоты;
- * включение и выключение двигателей по достижении заданного значения высоты или при обнаружении повышенного содержания CO;
- * передача данных на наземную станцию и резервная запись на носитель SD.

Забор воздуха для дальнейшего определения на загрязненность CO в лабораторных условиях проводился на разных высотах. Для этой цели использовались миниатюрные капсулы-шприцы с поршнями, приводимыми в движение с помощью нитей, наматываемых на вал электродвигателя с редуктором (рис. 2, а,б). Используемые капсулы и поршни состояли из неактивного материала, не выделяющего токсичных веществ в окружающую среду. Движение поршня ограничивалось контактным датчиком, по срабатыванию которого электродвигатель отключался. Запорные клапаны помещались в верхней части аппарата, электродвигатели и редукторы - в нижнем отсеке. По завершении забора пробы воздуха капсула герметично закрывалась во избежание дополнительного проникновения внутрь воздуха из внешней среды.

Определение координат и высоты забора воздуха осуществлялось с использованием GPS и датчиков давления и температуры. Для оценки точности показаний датчиков на модуле был установлен дополнительный комплект датчиков давления и температуры. Для анализа точности вычисления высоты в составе аппарата был включен ультразвуковой высотомер. Для резервного сохранения получаемых в процессе полета данных на зонде был уста-

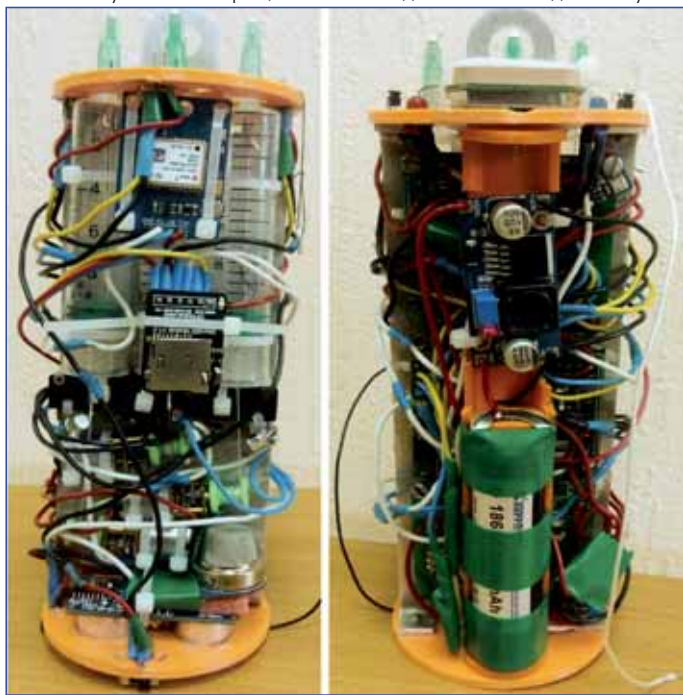


Рис. 2. Компоновка исследовательского модуля

новлен SD-носитель.

Экспериментальные данные. Изготовленный модуль массой менее 500 г помещался под обтекатель ракетносителя метро вой длины. На полигоне ракетаноситель выводилась двигателем со средней тягой 50 Н на высоту до километра. Через заданное время после срабатывания вышибного заряда модуль выходил из под обтекателя ракеты. Связь с модулем обеспечивалась через наземную приемную станцию. Данные, полученные на протяжении работы исследовательского модуля в виде зависимости измеряемых параметров от времени, представлены на рис. 3,4,5.

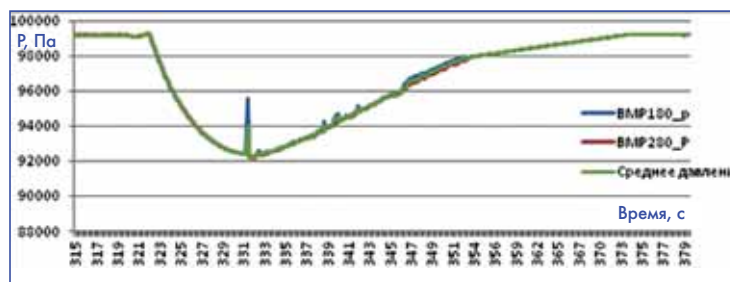


Рис.3. Показания датчиков давления

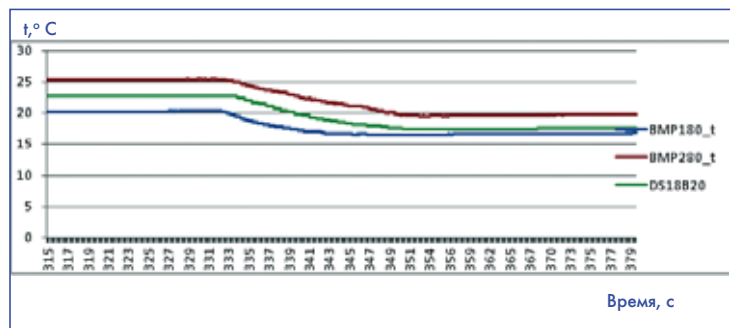


Рис.4. Показания датчиков температуры



Рис.5. Показания датчика CO (токовый сигнал 4 mA на выходе датчика соответствует нулевой концентрации CO)

Выводы.

1. Разработана и изготовлена экспериментальная 3D-модель исследовательского модуля для мониторинга физических и химических параметров околоземной атмосферы.
2. Осуществлен эксперимент по запуску ракетыносителя с исследовательским модулем на борту и его отделением на высоте выведения.
3. Выполнена задача по измерению распределения температуры, давления и содержания оксида углерода CO на траектории спуска и передаче телеметрических данных на наземную приёмную станцию.
4. Проведен экологический мониторинг путем забора на определенных высотах проб воздуха для проведения химического анализа в лабораторных условиях.
5. С помощью GPS-модуля определено местоположение приземления исследовательского аппарата.

Литература:

1. UNESCO's first world report on engineering: lack of engineers is a threat to development. UNESCO ORG. France. 2010.
2. Duderstadt J.J. Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education. The University of Michigan, 2008. P.119.
3. Froyd, J. E., Wankat, P. C., Smith, K.A. Five Major Shifts in 100 Yearsof Engineering Education // Proceedings of the IEEE. 2012.Vol. 100. May 13 th. 2012. P. 13441360.
4. Berezina S.L.,Safonov V.A., Babaskina L.I. Student research skills development at University //Opcion. 2020. Vol. 36. No. S26. P.13311347.

Связь с авторами: tenebris.agnus@yandex.ru
m89163214957@inbox.ru,
sberezina20008@yandex.ru, mitayay.85@mail.ru