

## **НАУЧНО – ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ НАНОСПУТНИК “BELSAT MARK3”**

Н.В. Мищенко, В.В. Павлович, Д.С. Романовец, А.В. Саечников, И.В. Саечников,  
В.Е. Черный

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

*Четвертого июля 2014 года команда студентов и лицеистов БГУ запустила наноспутник “BelSat Mark3” с квадрокоптера недалеко от города Дубна Московской области в рамках третьего открытого чемпионата «CanSat в России». Аппарат предназначен для изучения нижних слоев атмосферы и поверхности Земли. Наноспутник удачно приземлился на парашюте собственной разработки. Во время подъема и спуска со спутника приходила телеметрия от всевозможных датчиков, а также от GPS приемника на приемную станцию, которая также является собственной разработкой. По результатам защиты полученных результатов белорусская команда стала победителем в Высшей лиге среди команд из Российской Федерации.*

5 июля 2014 года закончился Третий открытый чемпионат «CanSat в России». Недалеко от г. Дубна, Московской области были осуществлены запуски научно - образовательных пико и наноспутников. CanSat - инновационный научно - образовательный проект по запуску школьных и студенческих зондов - «спутников». С 2013 года чемпионат проводится в 2 лигах: регулярной и высшей. В 2014 году в регулярной лиге принимали участие 18 команд из всех уголков России (Москва, Санкт-Петербург, Троицк, Калуга, Самара, Казань, Республика Чувашия, Республика Якутия). От команд требовалось разработать действующую модель пикоспутника весом до 350 граммов. Все основные элементы, а именно: бортовой компьютер, приёмник - передатчик, научная нагрузка и система питания должны вмещаться в банку объемом 0,5 л. «Спутник» запускается летом ракетой или сбрасывается с вертолѐта и за время спуска на парашюте с высоты 1-2 км. должен передать полезную информацию. В высшей лиге принимало участие 5 команд из России и одна команда из Беларуси (Минск).

Техническое задание для участников Высшей лиги:

- Аппарат выпускается на высоте 700 - 1000 м. Способ запуска ракета.
- Габариты аппарата: длина 220 мм с учетом системы крепления парашюта, диаметр 84 мм.
- Вес аппарата 1000 грамм, без системы спасения и 1200 грамм с ней.
- Скорость спуска после срабатывания системы спасения  $8 \div 11$  м/с.
- Рабочая частота передатчика для телеметрии аппарата  $422.4 \div 433.1$  МГц.
- Требования к вибронгрузкам:
  - $25 \div 30$  г во время отделения;
  - $20 \div 2000$  Гц во время полета,  $4g \div 5g$  в течение 3 мин.

Четвертого июля 2014 года команда лицея БГУ, под руководством студента 5 курса факультета радиофизики и компьютерных технологий Саечникова А.Н. и научного сотрудника лаборатории прикладных космических технологий факультета радиофизики и компьютерных технологий Черного В.Е., запустила наноспутник “BelSat Mark3” с квадрокоптера недалеко от города Дубна Московской области в рамках третьего открытого чемпионата «CanSat в России». Запуск стал возможен благодаря удачному выступлению белорусской команды на отборочной сессии в январе этого года в Государственном музее истории космонавтики им. К.Э. Циолковского (ГМИК).

Аппарат удачно приземлился на парашюте собственной разработки. Во время подъема и спуска со спутника приходила телеметрия от всевозможных датчиков, а также

#### Секция 4. Проекты и миссии малых космических аппаратов

от GPS приемника на приемную станцию, которая также является собственной разработкой.

Основными задачами данного аппарата являлись:

Технические:

- Измерение распределения температуры и давления во время спуска.
- Управляемое срабатывание системы спасения на высоте  $200 \pm 20$  метров.
- Измерение 3 компонент магнитного поля.

Аналитические:

- Построение траектории полета аппарата по магнитному полю. (После приземления).
- Анализ телеметрии аппарата во время его полета, на приемном пункте.
- Изучение состава нижних слоев атмосферы.
- Изучение поверхности земли, которая находится в области видимости спутника.

Для изучения нижних слоев атмосферы были выбраны следующие датчики: внутренний и внешний датчик температуры, датчик давления, датчики углекислого газа, угарного газа и метана. Для построения зависимости данных параметров от высоты использовались показания GPS приемника, в задачи которого также входила возможность быстрого определения местоположения спутника.

Для изучения поверхности земли использовались вегетационные индексы, которые позволили количественно оценить состояние растительности под спутником. В качестве целевой нагрузки использовались две видеокамеры с разными фильтрами (красным и ближним инфракрасным), положение которых было настроено так, чтобы они смотрели в одну и ту же область поверхности. В итоге, исходя из апертуры объективов, высоты получаемой с GPS приемника, а также интенсивности излучения, синтезировалось «индексное» изображение, путем наложения на снимок из программы Google Earth.

Основу спутника “BelSat Mark3” составляет дюралевый корпус, состоящий из четырех стоек и пяти горизонтальных направляющих. К верхней направляющей крепился парашют. Перед запуском для уменьшения влияния внешних факторов на работу системы спасения спутник помещается во внешний корпус ( Рис. 7).

Компоновка спутника включает следующие модули и системы ( Рис. 2):

- система управления, сбора и обработки данных на микроконтроллере ,
- система энергообеспечения (12 батареек),
- система связи радилюбительского диапазона,
- GPS приемник,
- система спасения,
- система выпуска парашюта,
- полезная нагрузка включающая датчики давления, температуры и концентрации газов,
- 2 видеокамеры с платами управления и фильтрами.

Основопологающей задачей спутника являлась спасение его на соответствующей высоте около 200 метров. Эту задачу выполняла специально разработанная система спасения, в первую очередь основанная на микроконтроллере Atmega32 и датчиках давления и температуры, а также система выпуска парашюта. Это позволило на запусках после падения с высоты более 700 метров раскрыть парашют на высоте 250 метров от уровня Земли и мягко приземлиться.



Рис. 1. Внешний вид наноспутника “BelSat Mark3”

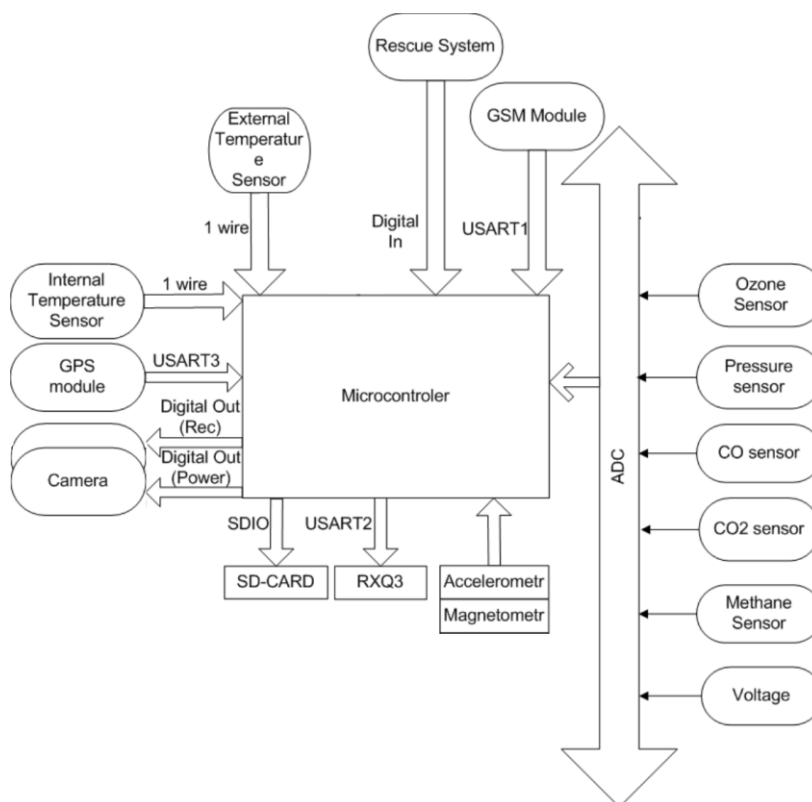


Рис. 2. Блок – схема наноспутника

Одной из основных задач спутника является изучение и определение степени озеленения поверхности земли, которая находится в области видимости спутника. Эта задача была реализована с помощью двух камер с установленными красным и инфракрасным фильтрами. В течение полета камеры с фильтрами снимали видео. После этого видео обрабатывали, подбирая четкие кадры (Рис. 3), затем снимки обрабатывали в программе MatLab и строили карты вегетационных индексов (Рис. 4).

#### Секция 4. Проекты и миссии малых космических аппаратов

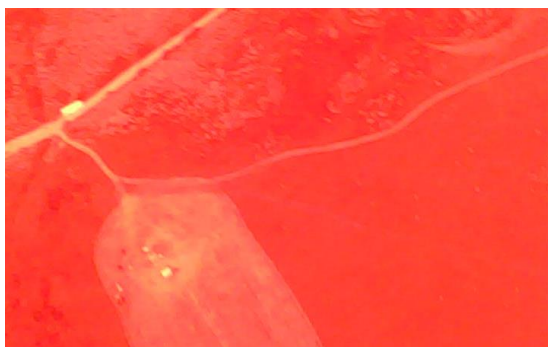


Рис. 3. Выделенный кадр с видеокмеры

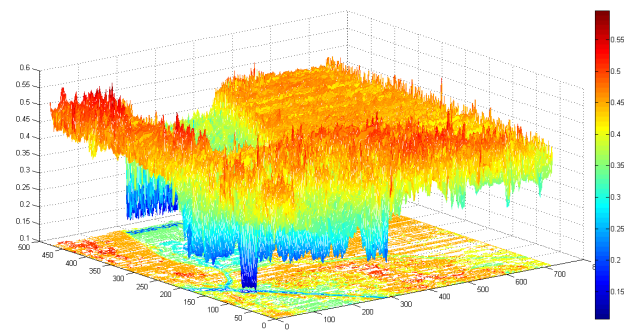


Рис. 4. Карта вегетационных индексов

Второй задачей "Mark3" является изучение распределения газов в нижних слоях атмосферы. Данная задача была реализована с помощью датчиков углекислого газа, угарного газа, озона и метана. В течении спуска производились измерения концентраций вредных газов данными датчиками. Показания с датчиков были обработаны на земле (Рис. 5 - 8).

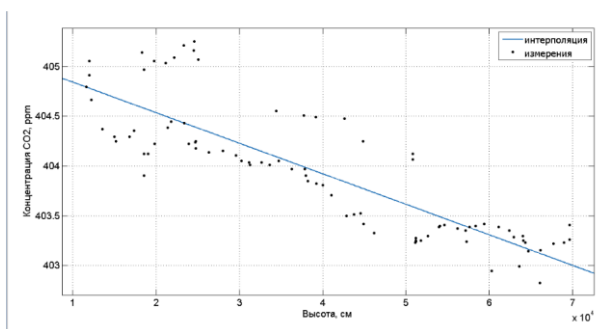


Рис. 5. Зависимость концентрации углекислого газа от высоты

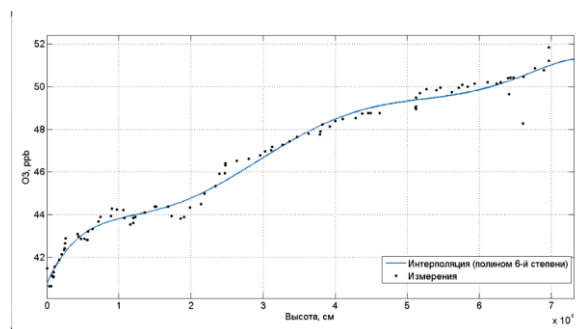


Рис. 6. Зависимость концентрации озона от высоты

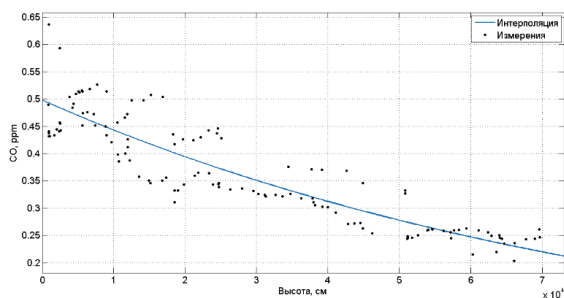


Рис. 7. Зависимость концентрации угарного газа от высоты

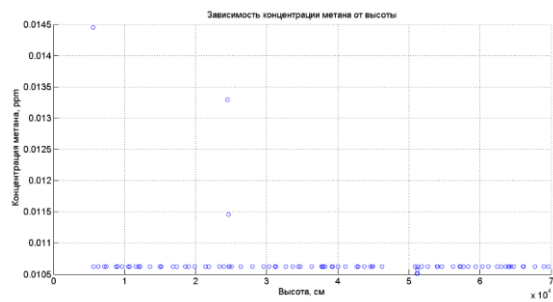


Рис. 8. Зависимость концентрации метана от высоты

В ходе подготовки к запуску было разработано комплексное программное обеспечение для обработки пакетов, приходящих со спутника, графического представления обработанной информации (в виде трехмерных карт распределения температуры, давления и концентрации газов нижних слоев атмосферы).

По результатам защиты полученных результатов белорусская команда стала победителем в Высшей лиге среди команд из Российской Федерации, потому что кроме надежного срабатывания всех систем наноспутника в ходе запуска, набрала наибольшее количество баллов за заявленную миссию (полезную нагрузку), за ее практическое исполнение во время запусков и представление обработанных данных на защите после запусков.