

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА СВЕРХМАЛОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО МОДУЛЯ В РАМКАХ МОЛОДЁЖНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА

DEVELOPMENT AND TESTING OF THE PROTOTYPE OF THE ULTRA-SMALL RESEARCH MODULE WITHIN THE FRAMEWORK OF THE YOUTH EDUCATIONAL PROJECT

A. Chernov
S. Berezina
E. Goncharenko

Summary. Modern conditions make it necessary to train engineers with innovative thinking, including in the aerospace field. A significant contribution to attracting young people to creative work, starting from the school's bench, is their participation in targeted programs and educational and research projects aimed at practical training. In this work, a project has been implemented to develop and create a prototype of an ultra-small research module. Pre-flight testing and launch of the missile vehicle with the research module separating on a height of one kilometer were carried out. Meteorological parameters of the atmosphere were monitored with the transfer of telemetric information to the ground-based radar station.

Keywords: research module, solar batteries, physical parameters, orientation system.

Чернов Антон Константинович

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
ikruzov@bk.ru

Березина Светлана Львовна

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
sberezina2008@yandex.ru

Гончаренко Евгения Евгеньевна

К.х.н., доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
eed84@mail.ru

Аннотация. Современные условия выдвигают необходимость в подготовке инженеров с инновационным мышлением, в том числе в аэрокосмической области. Существенный вкладом в привлечение молодежи к творческой работе, начиная со школьной скамьи, является их участие в целенаправленных программах и учебно-исследовательских проектах, направленных на практическое обучение. В данной работе реализован проект по разработке и созданию прототипа сверхмалого исследовательского модуля. Проведены предполетное тестирование и запуск ракеты-носителя с выводом исследовательского модуля на высоту до одного километра. Выполнен мониторинг метеорологических параметров атмосферы с передачей телеметрической информации на наземную радиолокационную станцию.

Ключевые слова: исследовательский модуль, солнечные батареи, физические параметры, система ориентации.

Введение

В современных условиях результаты космических исследований все в большей степени востребованы в различных областях науки и техники [1;2].

Для решения задачи дальнейшей модернизации и развития инновационных технологий в аэрокосмической области необходима подготовка высококвалифицированных специалистов, способных на творческие поиски новых идей, разработку новых методик и создание новых инженерных продуктов [3;4].

Базой для развития технического мышления является участие молодежи в различных научно-образовательных программах и фундаментальных проектах, начиная

со школьной скамьи и продолжая в процессе обучения в техническом вузе [5;6].

Данная работа выполнена в рамках образовательного проекта под эгидой Ракетно-космической корпорации «Энергия», предоставившей теоретическую базу, мастерские, экспериментальное оборудование, испытательный полигон с наземной радиолокационной станцией.

Цель работы

Разработка и создание прототипа сверхмалого исследовательского модуля, и его применение для мониторинга метеорологических параметров атмосферы (температуры, давления) с передачей телеметрической информации на наземную радиолокационную станцию.

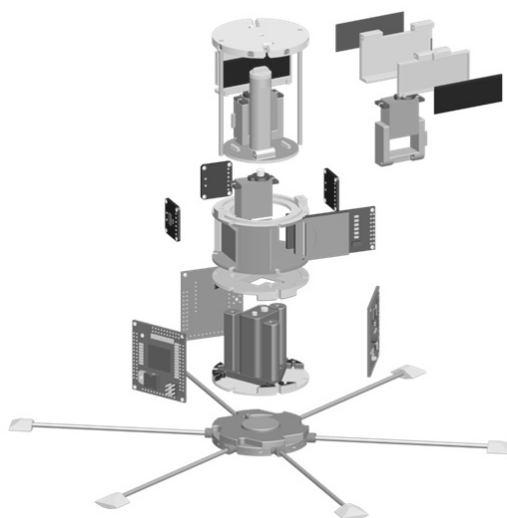


Рис. 1. Компоновка исследовательского модуля

Методика эксперимента

Исследовательский модуль представлял собой цилиндр массой не более 350 г, диаметром 66 мм и высотой 220 мм.

Для разработки схемы аппарата использовалась компьютерная программа 3D-моделирования.

Большинство элементов конструкции выполнялись на 3D-принтере с использованием метода послойного наплавления. Создание объёмной модели происходило за счёт нанесения последовательных слоёв материала, повторяющих контуры цифровой модели; в качестве материала для печати использовался термопластичный пластик PLA.

Для реализации задачи была разработана модульная компоновка аппарата (рис. 1). В основании находился посадочный механизм, над ним модуль с энергопитанием, платами датчиков, радиомодулем и микроконтроллером.

Дополнительно к реализации основной задачи был проведен эксперимент по раскрытию и ориентации солнечных батарей после посадки аппарата. С этой целью в верхний модуль были помещены четыре раскрывающиеся солнечные батареи [7], закреплённые на валах сервоприводов; в верхнюю крышку модуля были встроены 8 фоторезисторов для определения вектора наибольшей освещённости.

Сборка частей аппарата выполнялась при помощи винтовых соединений. Солнечные панели складывались и закреплялись в специальных пазах на верхней крыш-

ке, посадочные ножки переводились в вертикальное положение и закреплялись.

В качестве системы спасения был выбран парашют с круглым куполом, состоящим из 6 сегментов, площадью 0,17 м². Площадь парашюта рассчитывалась для обеспечения плавного спуска со скоростью 5 м/с по методике, описанной в [8]. Парашют закреплялся на верхней крышке аппарата.

Схема питания модуля состояла из трёх цепей. В первую были включены основные системы аппарата: микроконтроллер, радиомодуль, датчики, SD-карта и сервоприводы. В качестве источника питания цепи была выбрана из-за удобного форм-фактора батарея «Крона» ёмкостью 1600 мА·ч и напряжением 9 В.

Во вторую цепь была включена система посадки, запитанная от Li-Pol аккумулятора ёмкостью 600 мАч при напряжении в 3,7 В.

Третья цепь — исследовательская, в которой были соединены четыре солнечные батареи, отдающие в солнечный день ток 70 мА при напряжении 1 В.

Вычислительные и управляющие операции на борту исследовательского модуля реализовывались бортовым компьютером, основанным на микроконтроллере Atmega128.

Для передачи данных на наземную приёмную станцию был выбран радиомодуль HC-12 с рабочей частотой 433 МГц, мощности которого достаточно для передачи информации на расстояние в 1000–1800 м.

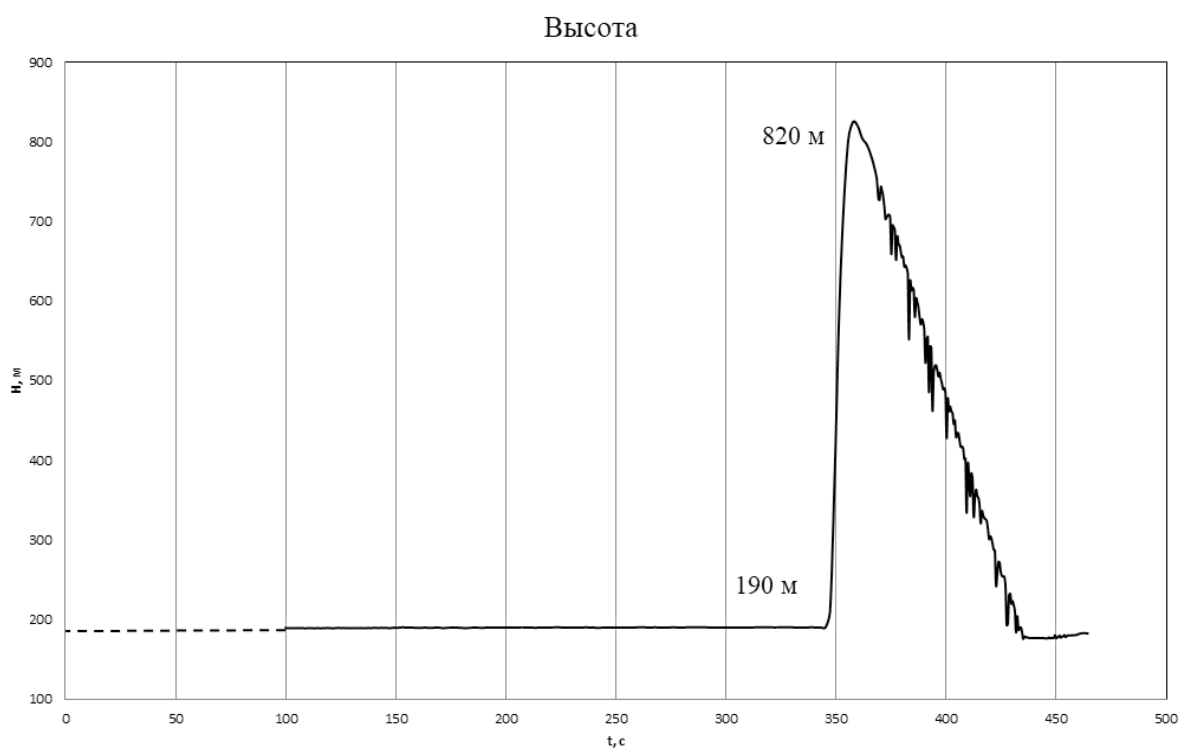


Рис. 2. Высота полёта, рассчитанная по барометрической формуле

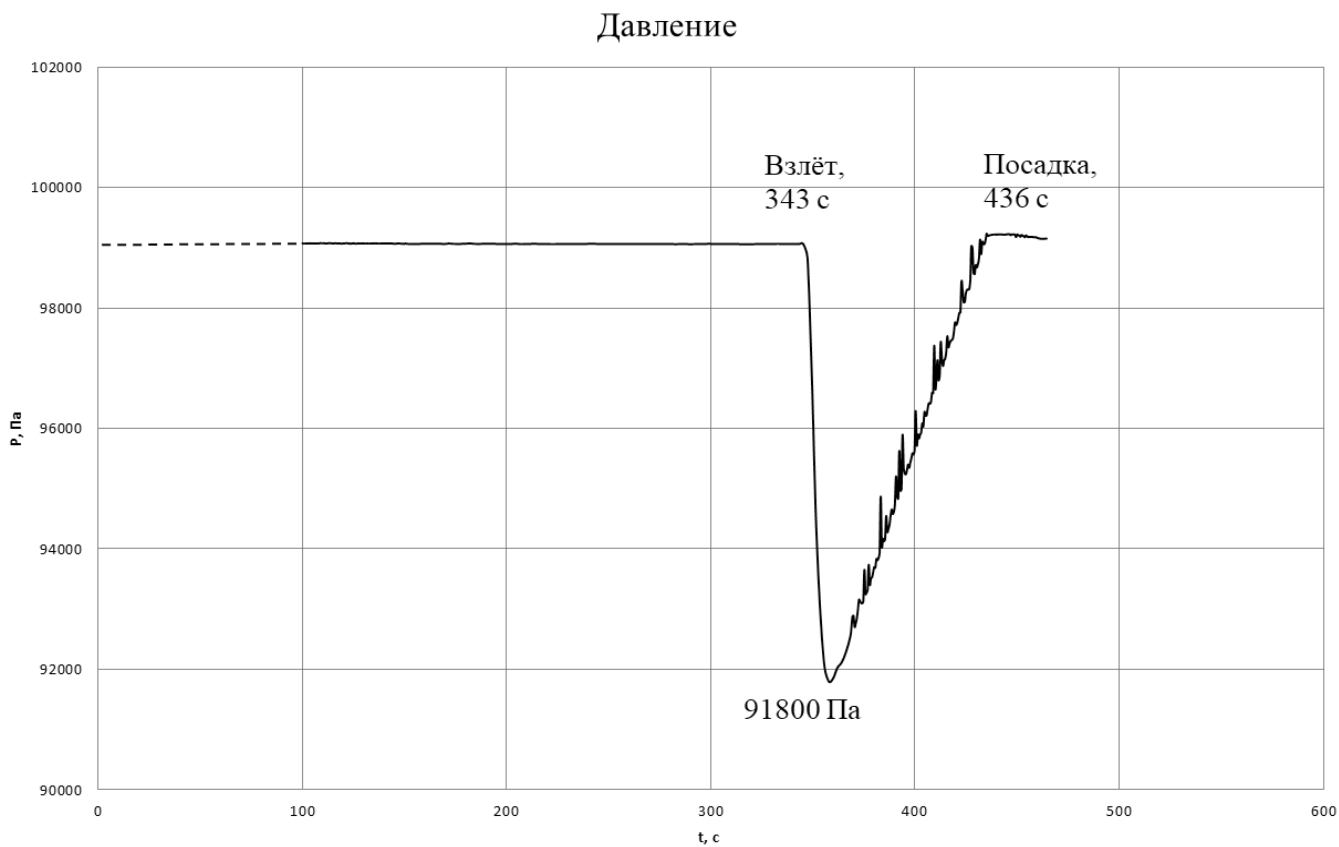


Рис. 3. Показания датчика давления

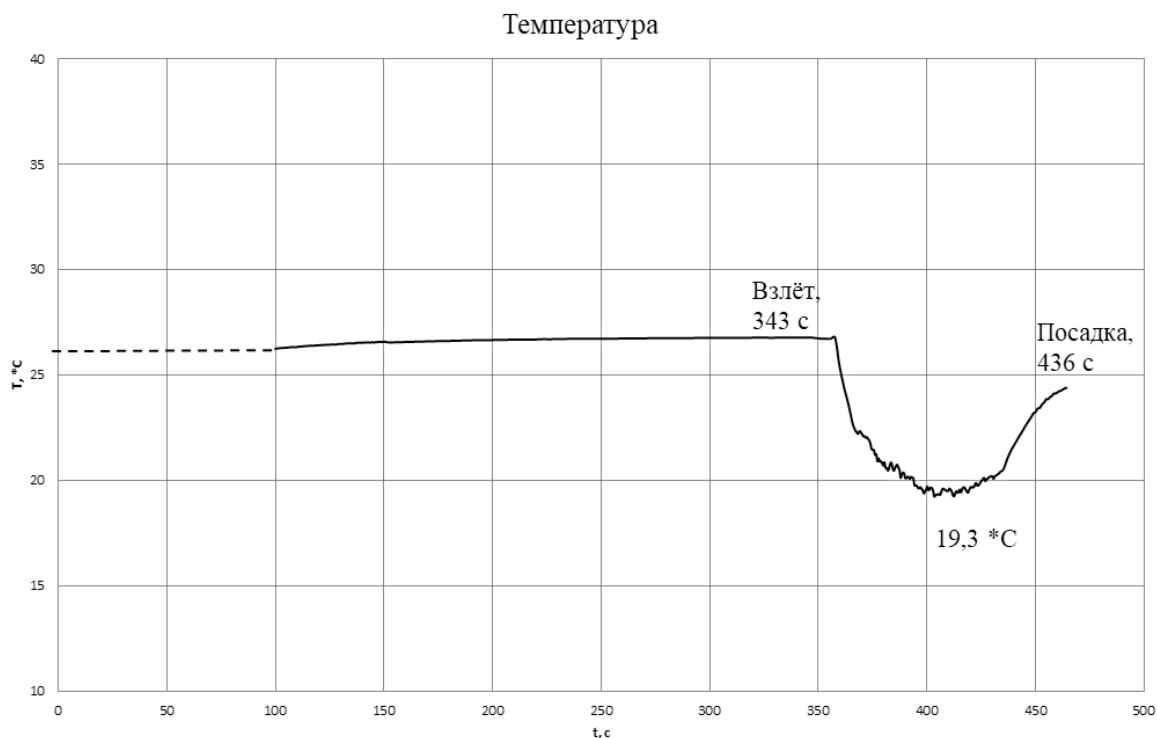


Рис. 4. Показания датчика температуры

В качестве барометра использовался прибор BMP280, имеющий небольшие размеры, достаточно низкий уровень шума и применяющийся также для измерения температуры. Кроме этого, дополнительно был установлен еще один термометр DS18B20.

Приземление модуля происходило при раскрытии парашюта. Посадка модуля обеспечивалась механизмом, состоящим из 6 металлических стержней, раскрывающихся через определенное время после выхода аппарата из ракеты-носителя, при пережигании лески, скрепляющей стержни.

Экспериментальные исследования

Проведенная работа включала следующие этапы:

- ◆ разработку прототипа сверхмалого исследовательского модуля;
- ◆ создание системы посадки;
- ◆ создание механизма раскрытия и ориентации солнечных батарей;
- ◆ предполетное тестирование;
- ◆ запуск ракеты-носителя с исследовательским модулем;
- ◆ измерение основных параметров атмосферы (температуры, давления);
- ◆ передачу данных на наземную приёмную станцию;
- ◆ приземление посадочного модуля;

- ◆ обработку полученных данных.

В процессе создания аппарата проводились испытания всех узлов. Было выявлено соответствие аппарата массогабаритным требованиям.

При тестировании электронных узлов аппарат запитывали от лабораторного блока питания напряжением 9В.

Система посадки испытывалась на массогабаритной модели аппарата, сбросы проводились с высоты 15 метров. Парашют срабатывал во всех десяти сбросах, вертикальная посадка была осуществлена в восьми, что явилось удовлетворительным результатом для начала эксперимента по запуску.

Комплексные испытания системы ориентации показали работоспособность всех узлов аппарата. Система определяла наиболее яркий источник света и ориентировала на него солнечные батареи.

Запуск ракеты-носителя и испытания модуля проводились на полигоне, оборудованном наземной радиолокационной станцией.

Снаряженный аппарат помещался под обтекатель ракеты метровой длины, которая выводилась на высоту до километра двигателем со средней тягой 50Н. Че-

рез заданное время срабатывал вышибной заряд, после чего аппарат выходил из-под обтекателя.

После выхода исследовательского модуля из ракеты-носителя выполнялась основная задача по измерению давления, температуры и передаче пакета данных по радиоканалу на наземную приёмную станцию. Дополнительно информация дублировалась путем записи на SD-карту на борту аппарата.

Информационный пакет содержал данные о параметрах атмосферы, времени отправки пакета и номере возможной ошибки при работе аппарата. Для снижения нагрузки на микроконтроллер аппарата данные с датчиков поступали в необработанном виде.

Раскрытие солнечных батарей происходило при помощи системы пружин посредством поворота подвижной платформы, на которой были закреплены сервоприводы и солнечные батареи. Стержни на креплениях батарей выходили из пазов в верхней крышке.

Двухосная ориентация солнечных батарей после их раскрытия происходила по максимальному значению светового потока, в соответствии с разработанным алгоритмом. Ориентация по вертикальной оси осуществлялась с помощью фоторезисторов. Определение направления на источник света в горизонтальной плоскости происходило с помощью датчика тока.

Обсуждение результатов

На протяжении работы аппарата были получены следующие результаты.

Описание полета по зафиксированным данным:

- ◆ размещение аппарата в ракету – 56 с;
- ◆ взлёт ракеты — 343 с;
- ◆ максимальная высота подъема — 820 метров над уровнем моря;
- ◆ выход из ракеты — 357 с;
- ◆ посадка модуля — 436 с.

Полученные данные представлены в виде графической зависимости параметров от времени (рис. 2;3;4).

Выводы

1. Разработан сверхмалый исследовательский модуль и проведены его предполетные испытания.
2. Осуществлен запуск ракеты-носителя с выходом исследовательского модуля на высоте 820 м.
3. Выполнена основная задача по измерению давления, температуры и передаче пакета данных по радиоканалу на наземную приёмную станцию.
4. Дополнительно к основной задаче проведен эксперимент по раскрытию и ориентации солнечных батарей;
5. Установлено, что для упрощения поиска приземлившегося аппарата необходимо предусмотреть размещение GPS-модуля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрукович А. А., Никифоров О. В. Малые спутники для космических исследований // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. — 2016. — Т. 3, — № 4. — С. 22–31.
2. Мальцев Г. Н., Кунгурцев В. В., Козинев И. А. Дистанционное зондирование Земли на основе кластера малых космических аппаратов многоспектрального наблюдения // Известия ВУЗов СПбГУ. Приборостроение. — 2009. — Т. 52. — № 4. — С. 16–23.
3. Анфимов Н. А. Тенденции развития космической техники на современном этапе // III Международная конференция-выставка «Малые спутники: Новые технологии, миниатюризация. Области эффективного применения в XXI веке». г. Королев, 27–31 мая 2002 г. — С. 5–10.
4. Тамкович Г. М., С. И., Ангаров В. Н., Зайцев А. Н. Применение сверхмалых космических аппаратов для науки и образования // Земля и Вселенная. — 2002. — № 2. — С. 86–94.
5. Березина С. Л., Горячева В. Н., Елисеева Е. А., Слынько Л. Е. Самостоятельная научно-исследовательская деятельность студентов технических университетов как средство повышения качества инженерной подготовки // Современные проблемы науки и образования. — 2018. — № 3.
6. Березина С. Л., Горячева В. Н., Елисеева Е. А., Слынько Л. Е. Формирование профессиональных компетенций студентов технического ВУЗа в процессе обучения химии // Современные наукоемкие технологии. — 2018. — № 2 — С. 122–126.
7. Никольский В. В. Проектирование сверхмалых космических аппаратов. Учебное пособие. — СПб.: БГТУ. — 2012. — 59 с.
8. Лобанов Н. А. Основы расчёта и конструирования парашютов. М.: Машиностроение. 1965. — 356 с.

© Чернов Антон Константинович (ikruzov@bk.ru),

Березина Светлана Львовна (sberezina2008@yandex.ru), Гончаренко Евгения Евгеньевна (eeg84@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»