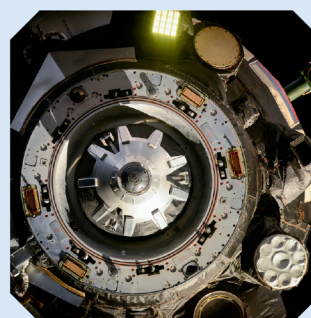
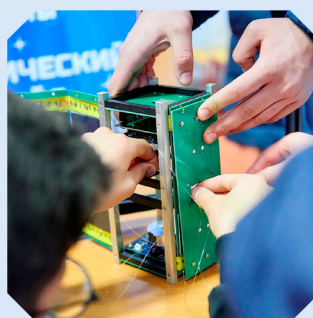
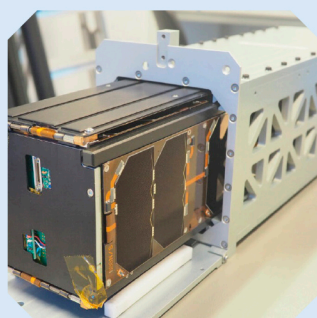
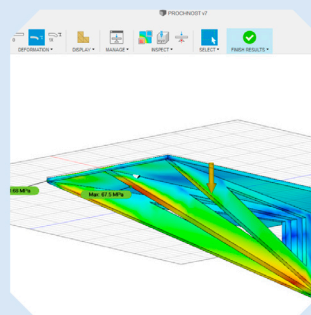
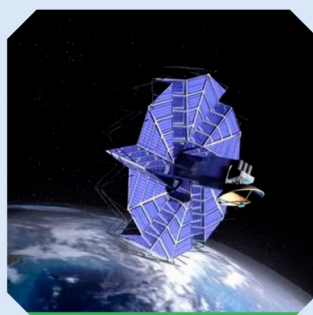
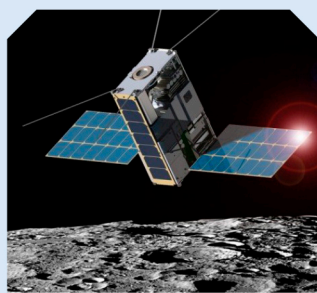


Комплексное решение  
для школьного курса  
по космонавтике

# Механические конструкции

*Учебное пособие. Под редакцией К. Ю. Якушиной, май 2021*



Москва  
«Образование Будущего»  
2021



ДАННОЕ ПОСОБИЕ ПОСВЯЩЕНО ОСОБЕННОСТЯМ КОНСТРУИРОВАНИЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ЗНАКОМСТВУ С ВНЕШНИМИ ФАКТОРАМИ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА, С УСТРОЙСТВОМ ВИБРОСТЕНДОВ, ВАКУУМНЫХ КАМЕР И СИСТЕМОЙ РАСКРЫТИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.

В ХОДЕ КУРСА УЧАЩИЕСЯ

- УЗНАЮТ О ФАКТОРАХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЁТА, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПОЛЁТЕ НА ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЕ;
- НАУЧАТСЯ РАССЧИТЫВАТЬ ПРОСТЕЙШИЕ СЛУЧАИ НАГРУЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА АНАЛИТИЧЕСКИ И С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММ МОДЕЛИРОВАНИЯ;
- ИЗУЧАТ ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ И СОБЕРУТ СТЕНДЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗОК И ВАКУУМА;
- ОТРАБОТАЮТ ТЕХНОЛОГИИ “ЗАЧЕКОВКИ” И РАСКРЫТИЯ ПАНЕЛЕЙ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НА БАЗЕ КОНСТРУКТОРА СПУТНИКА INTROSAT.

## Рекомендации

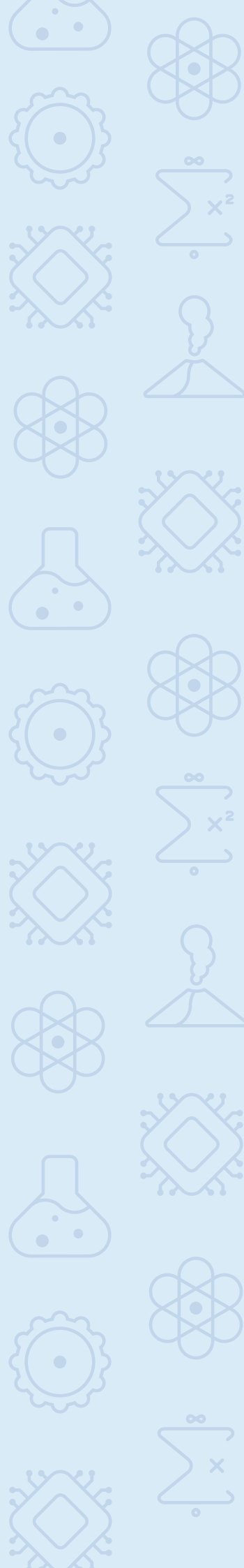
**Рекомендуемый размер группы:**

от 3 до 15 учащихся, разделенных на 3 команды.

**Уровень подготовки:** с 6-го по 11-й классы.

**Базовые знания, которые помогут лучше усвоить курс:**

- давление;
- механические нагрузки;
- энергия пружин;
- деформация;
- напряжения в материалах;
- ускорение;
- работа с ручными инструментами.



# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Часть I: Введение</b>	<b>4</b>
Теоретическая часть	4
Факторы космического пространства	5
<b>Часть II: Нагружение и проверка прочности</b>	<b>8</b>
Свойства конструкции и виды нагрузок	8
Теоретический расчет на прочность	9
Моделирование нагружения и расчет нагружения с помощью программ 3D-моделирования	10
<b>Часть III: Вибрационные испытания космических аппаратов</b>	<b>23</b>
Воздействие вибраций на космический аппарат	23
Состав собираемого вибростенда	25
Изготовление вибростенда	25
<b>Часть IV: Силовые элементы конструкций космических аппаратов</b>	<b>27</b>
Элементы конструкций космических аппаратов	27
Задача практикума	29
<b>Часть V: Раскрытие солнечных батарей</b>	<b>31</b>
Способы раскрытия солнечных батарей	31
Задача практикума	33
<b>Часть VI: Вакуумная камера</b>	<b>39</b>
Космический вакуум	39
Задача практикума	41
<b>Что дальше?</b>	<b>47</b>
<b>Список литературы</b>	<b>47</b>

Нет в наборе:

- Шуруповёрт
- Сверло по металлу 3 мм

Сборка стенда раскрытия солнечных батарей будет состоять из нескольких этапов:

- сборка корпуса наноспутника типа CubeSat 2U: рельсы, грани, шпангоуты;
- сборка панелей с солнечными батареями;
- размещение внутри корпуса электронных компонентов, обеспечивающих систему раскрытия;
- установка раскрывающих элементов и крепление их к рельсам;
- установка панелей на раскрывающие элементы;
- проведение складывания и зачекочки панелей СБ;
- проведение вибрационных испытаний спутника в транспортном положении;
- подготовка алгоритма раскрытия панелей СБ;
- отработка раскрытия панелей СБ на подвесе.

*Этап 1. Сборка корпуса наноспутника типа CubeSat 2U: рельсы, грани, шпангоуты*

К четырём рельсам необходимо прикрутить шпангоуты с помощью винтового соединения, которые будут обеспечивать жёсткость конструкции космического аппарата, к которым также будут крепиться боковые панели.

Прикрепить верхнюю и нижнюю панели к шпангоутам с помощью винтового соединения M2.5x6.

*Этап 2. Размещение внутри корпуса электронных компонентов, обеспечивающих систему раскрытия*

1. Установить на верхней панели следующие элементы набора IntroSat:

- плата питания IntroSat;
- материнская плата IntroSat;
- Blackpill микроконтроллер STM32.

Плата прототипирования IntroSat устанавливается в самом конце, после установки на плату всех компонентов, обеспечивающих раскрытие солнечных батарей.

2. Вне аппарата, на плате прототипирования необходимо припаять нихромовую проволоку и транзистор, с помощью которых будет осуществляться раскрытие панелей солнечных батарей. С помощью канцелярского ножа или кусачек отрезать фрагмент нихромовой проволоки длиной 2 см. Далее припаять их к плате прототипирования таким образом, чтобы образовалась дуга над платой. К этой дуге в дальнейшем будет привязана леска, которая в процессе и будет пережигаться для раскрытия панелей СБ. После того, как будет припаяна проволока с двух сторон, отрежьте концы проволоки с противоположной (внутренней) стороны во избежания короткого замыкания.

**СОВЕТ.** Перед пайкой нихромовой проволоки потренируйтесь паять провода (зачистите концы, залудите припоем и соедините два провода между собой; постарайтесь припаять провод к другим макетным платам для пайки). Когда будете уверены в своих силах, вы можете припаивать



РИС. 47. КОРПУС СПУТНИКА CUBESAT 2U (ВАРИАНТ СБОРКИ)

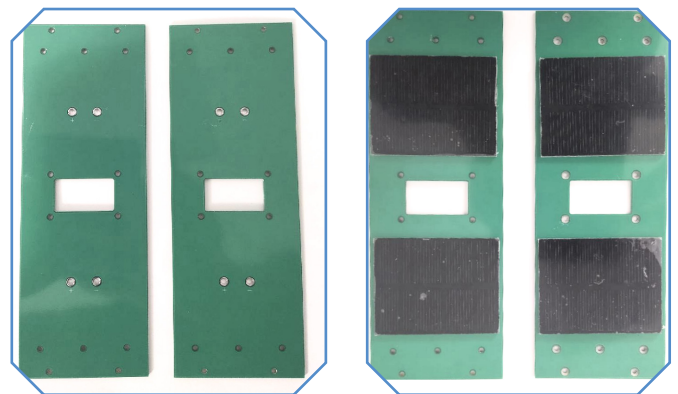


РИС. 48. КОРПУС СПУТНИКА CUBESAT 2U С УСТАНОВЛЕННЫМИ ПЛАТАМИ УПРАВЛЕНИЯ

**Подробнее о заказе услуг и  
получения доступа к  
полной версии:**

**8 800 550 04 92**

[info@orbicraft.ru](mailto:info@orbicraft.ru)