

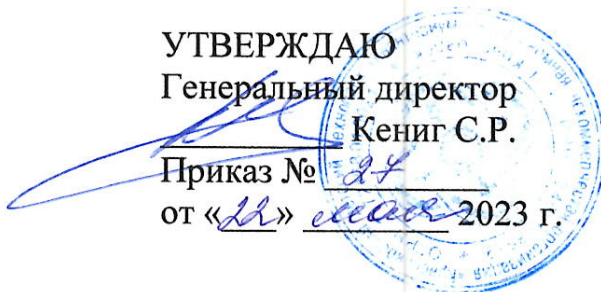
Автономная некоммерческая организация  
«Красноярский детский технопарк «Кванториум»

РЕКОМЕНДОВАНО  
методическим советом

Протокол № 10  
от «22» мая 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
Кениг С.Р.

Приказ № 24  
от «22» мая 2023 г.



Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа  
технической направленности

«Прикладная космонавтика»

Срок реализации:

1 год

Возраст детей:

12-17 лет

Составители программы:

Сюсина В. А.

Пирогов А.Е.

г. Красноярск, 2023 г.

## **1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Прикладная космонавтика» (далее - программа) имеет техническую направленность, базовый уровень сложности и ориентирована на обучающихся 12-17 лет.

Программа рассчитана на один год в объеме 144 часа из расчета 4 часа в неделю.

### **1.1. АКТУАЛЬНОСТЬ**

Актуальность и необходимость данной программы продиктована развитием космонавтики и увеличением доли частной космонавтики в России и во всем мире. На современном этапе наша страна испытывает острую необходимость в высокопрофессиональных научных и инженерных кадрах в космической области: ракетостроении, радиотехники и тд., имеющих инновационное мышление, данная программа помогает привлечь интерес обучающихся к современной космонавтике.

Данная образовательная программа интересна тем, что совмещает в себе несколько важных направлений, одновременно необходимых для разработки космических аппаратов, а именно: физико-математические основы космонавтики, 3D-моделирование и прототипирование, программирование устройств, основы электротехники и радиотехники, проектирование космических аппаратов и т.д.

### **1.2. ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ**

Данная программа включает в себя знания из сферы космонавтики: устройство солнечной системы, историю открытий и исследований космоса. Содержание предусматривает знакомство с курсом практической астрономии в программе Stellarium и работу с телескопом.

Посредством работы в программе Orbiter2016 у обучающихся формируется представление о космическом пространстве, небесной механике и управлении космическим аппаратом. Учебные наборы Орбикрафт и Introsat формируют навык проектирования и программирования космических аппаратов. Работа в программе симулятор OpenRocket формирует навык проектирования моделей ракет и их полёт, определяя апогей и траекторию полёта.

Активное использование программы для моделирования КОМПАС-3D способствует формированию четкого представления о космическом пространстве и устройстве космических аппаратов.

Включение в программу элементов начального технического моделирования и конструирования даёт возможность изучать космос, ракетостроение и радиоэлектронику посредством практической деятельности. Полученные теоретические знания, навыки моделирования и конструирования, обучающиеся применяют при разработке моделей космических аппаратов.

Результативность работы программы выражается в активном участии обучающихся в выставках, конкурсах технического творчества и олимпиадах.

Данная образовательная программа способствует увеличению актуальности космических технологий в структуре современных профессий.

### 1.3. ЦЕЛЬ

Целью программы является формирование у обучающихся технологической грамотности, навыков по конструированию космических аппаратов и инженерному конструированию на примере создания модели водной ракеты.



Программа способствует формированию научно-обоснованного представления об окружающем мире, знакомит с задачами и возможностями космической деятельности человека.

#### 1.4. ЗАДАЧИ

1. Сформировать базовые понятия в области аэродинамики и баллистики, небесной механики посредством работы в программах Orbiter2016 и GMAT;

2. сформировать умения проектировать и конструировать модели летательных аппаратов;

3. сформировать знания о строение типовых космических аппаратов и спутников при помощи конструкторов Орбикрафт и Introsat, о принципах написания управляющих и диагностирующих программ при работе с наборами «ПЛАНЕТА ХОД» и «МАТРЕШКА»;

4. сформировать основные приёмы моделирования и сборки космических аппаратов посредством программы КОМПАС-3D v18.1.

5. приобщить к научно – техническому творчеству;

6. сформировать у обучающихся основы безопасности собственной жизнедеятельности и окружающего мира: представление о правилах безопасного поведения при работе с электротехникой, инструментами, необходимыми при конструировании моделей космических летательных аппаратов;

7. воспитать бережное отношение к результатам своей деятельности, деятельности других;

8. сформировать навыки сотрудничества: работа в коллективе, в команде, малой группе (в паре).

### 1.5. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММЫ

Данная программа разработана в соответствии с нормативными правовыми актами в области образования:

Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

Указ Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»;

Концепция развития дополнительного образования до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 31.03.2022 № 678-р);

Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.05.2015 № 996-р);

План мероприятий по реализации в 2021 - 2025 годах Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года (утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 12.11.2020 № 2945-р);

Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ»;

Приказ Министерства просвещения России от 09.11.2018 № 196 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;

Приказ Министерства просвещения РФ от 03.09.2019 № 467 «Об утверждении Целевой модели развития региональных систем дополнительного образования детей»;

Приказ Министерства Просвещения Российской Федерации от 30.09.2020 № 533 «О внесении изменений в порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам, утвержденный приказом Министерства Просвещения Российской Федерации от 09.11.2018 № 196»;

Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 № 28 «Об утверждении СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»;

Письмо Министерства образования и науки РФ от 18.11.2015 № 09-3242 «О направлении информации» (с «Методическими рекомендациями по проектированию дополнительных общеразвивающих программ (включая разноуровневые программы)).

Программа на основе реальной практической деятельности даёт возможность обучающимся почувствовать себя в роли инженера-проектировщика космических аппаратов и систем.

Программа предполагает после ознакомления с теоретической базой современной космонавтики и ее техническими средствами выполнение практического задания по конструированию и моделированию модели космического аппарата.

#### 1.6. ТРЕБОВАНИЯ К ОБУЧАЮЩИМСЯ

Программа адресована подросткам 12-17 лет.

Набор на Программу осуществляется в соответствии с Порядком организации образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным общеразвивающим программам и Правилами приема и отчисления обучающихся автономной некоммерческой организации «Красноярский детский технопарк «Кванториум».



## 1.7. ФОРМЫ И РЕЖИМ ЗАНЯТИЙ

Срок реализации программы – 1 год. Программа рассчитана на 144 часа.

Режим занятий: занятия проходят 2 раза в неделю по 2 академических часа с перерывом.

При проведении занятий традиционно используются три формы работы:

1. фронтальная
2. индивидуальная
3. демонстрационная

Формы занятий: лекции, семинары, экскурсии.

## 1.8. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В рамках программы развиваются следующие компетенции Soft и Hard skills:

Кластер профильных soft skills

Способность оценивать объём необходимых, имеющихся и недостающих ресурсов; понимание путей привлечения ресурсов к деятельности;

Способность организовывать работу в малых группах.

Кластер Hard skills.

В рамках программы формируются следующие профессиональные знания:

базы стандартных решений элементов соединений, креплений и т.д.;

работы электронных компонентов;

трехмерного создания деталей и моделей;

элементов электронного взаимодействия узлов радиоэлектронных устройств;

основных понятий электроники;  
схемотехнические знания проектирования;  
правил безопасной работы.

Умения:

демонстрации технических возможностей созданных моделей;  
самостоятельно решать технические задачи в процессе конструирования моделей спутников и ракет;  
сборки конструкций с использованием винтовых и безвинтовых соединений, измерения расстояния;  
создания электрических систем, схем устройства;  
подключения аналоговых и цифровых датчиков к микроконтроллеру;  
получения и обработки показаний цифровых и аналоговых датчиков.

Навыки:

моделирования в САПР;  
монтажа и сборки;  
пайки;  
работы с электроникой.

### 1.9. ФОРМЫ ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ

Текущий контроль освоения программы проводится во время занятий при помощи опросов и тестирования.

Промежуточная аттестация осуществляется 1 раз в год в форме промежуточного тестирования.

Итоговая аттестация проводится в форме оценки запуска модели водной ракеты по критериям. (Приложение 1)



## 2. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

| №<br>п/п | Наименование темы                                                                                                        | Объем часов    |             |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|-----------|
|          |                                                                                                                          | Всего<br>часов | В том числе |           |
|          |                                                                                                                          |                | Теория      | Практика  |
| 1.       | Соблюдение правил ТБ и санитарно-гигиенических норм при работе с электрооборудованием и учебно-методическими материалами | 2              | 2           |           |
| 2.       | Ракетно-космическая отрасль.                                                                                             | 4              | 2           | 2         |
| 3.       | Астрономия. Солнечная система                                                                                            | 10             | 4           | 6         |
| 4.       | Небесная механика. Как отправиться на Марс?                                                                              | 14             | 6           | 8         |
| 5.       | Спутникостроение.                                                                                                        | 16             | 6           | 10        |
| 6.       | Проектирование модели спутника.                                                                                          | 18             | 4           | 14        |
| 7.       | Промежуточный контроль.                                                                                                  | 2              |             | 2         |
| 8.       | Корпус и прочность                                                                                                       | 16             | 6           | 10        |
| 9.       | Управление полётом.                                                                                                      | 16             | 5           | 11        |
| 10.      | Полезная нагрузка. Программное обеспечение полёта.                                                                       | 8              |             | 8         |
| 11.      | Ракетостроение                                                                                                           | 16             | 6           | 10        |
| 12.      | Проектирование модели ракеты.                                                                                            | 18             | 4           | 14        |
| 13.      | Итоговая аттестация.                                                                                                     | 4              |             | 4         |
|          | <b>ИТОГО</b>                                                                                                             | <b>144</b>     | <b>45</b>   | <b>99</b> |

## 3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

**1. Соблюдение правил техники безопасности и санитарно-гигиенических норм при работе с электрооборудованием и учебно-методическими материалами. (2 часа)**

Этап 1. Общие правила безопасности в образовательном учреждении и работы с оборудованием.

Теория: Основы техники безопасности при работе с электрическими приборами. Техника безопасности при работе в лаборатории. Общие положения техники безопасности при работе с ракетными двигателями. Техника безопасности при работе с лабораторными установками.

Практика: Тестирование по теме “Техника безопасности”.

## **2. Ракетно-космическая отрасль. (4 часов)**

Этап 1. Структура РКО.

Теория: Государственная корпорация «Роскосмос». Предприятия входящие в структуру ГК «Роскосмос». Направления и тренды РКО.

Практика: Работа с Microsoft Office, создание презентаций и текстовых документов по теме: «Предприятия ГК «Роскосмос». Виды деятельности.»

## **3. Астрономия. Солнечная система. (10 часов)**

Этап 1. Планетная система.

Теория: Типы небесных объектов. Небесная сфера и координаты, звездные величины.

Практика: Работа в программе Stellarium, наблюдение за звездами, определение координат и яркость небесных объектов. Выполнение практических заданий из учебного пособия «Открытие за неделю» стр 15 – 26.

Этап 2. Астрономические снимки.

Практика: Работа в программе MaxIm DL, обработка астрономических изображений, выполнение блинкование снимков, определение типа небесного объекта. Выполнение практических заданий из учебного пособия «Открытие за неделю» стр 26 - 61.

## **4. Небесная механика. Как отправиться на Марс? (14 часов)**

Этап 1. Орбитальная механика.

Теория: Законы Ньютона. Гравитационное притяжение Земли. Космические скорости. Законы Кеплера. Орбита. Переходная орбита Гомана.

Практика: Работа в программе GMAT. Построение различных типов орбит. В онлайн симуляторе «Орбита» запуск космических аппаратов и

расчёт параметров целевых орбит. Решение заданий «Как попасть на Марс?» в рамках урока НТО.

### **5. Спутникостроение. (16 часов)**

Этап 1. Устройство спутника.

Теория: Виды космических аппаратов. Назначение спутников. Этапы проектирования космических аппаратов. Системы и подсистемы спутника.

Практика: Работа с наборами “TETRA” и “МАТРЕШКА”. Определение положения при помощи датчиков: акселерометр, датчики освещённости и магнитометры.

### **6. Проектирование модели спутника. (18 часов)**

Этап 1. Сборка модели спутника.

Практика: Решение кейса «Спутникостроение» Приложение 2: знакомство с конструкторами «Орбикрафт» и «Introsat». Проектирование корпуса в программе КОМПАС-3D v18.1, выбор материалов для изготовления корпуса. Сборка конструкции, выполнение ориентации и стабилизации спутника. Получение снимка с модели спутника. Подготовка технической документации.

### **7. Промежуточный контроль (2 часа)**

Тестирование обучающихся по пройденным темам. Приложение 4

### **8. Корпус и прочность (16 часов)**

Этап 1. Основы сопротивления материалов.

Теория: Форм-факторы корпуса. Влияние форм-фактора корпуса на прочностные характеристики спутника.

Практика: создание конструкций, разрушающие и неразрушающие методы контроля. Изготовление лабораторного оборудования, технологической оснастки.

### **9. Управление полётом. (16 часов)**

Этап 1. Теория полёта

Теория: Способы управления полётом.



Практика: работа с программой симулятором Orbiter2016. Выполнение полета и посадки в атмосфере. Полет в космосе. Стыковка с МКС. Полет к другим планетам.

#### **10. Полезная нагрузка. Программное обеспечение полёта. (8 часов)**

Этап 1. Понятие полезной нагрузки.

Практика: Устройство датчиков полезной нагрузки. Программирование датчиков. Создание модели системы спасения модели ракеты с использованием набора «МАТРЕШКА».

#### **11. Ракетостроение. (16 часов)**

Этап 1. Устройство ракета-носителя.

Теория: Типы ракет, их назначения и устройство. Двигатели и компоненты топлива. Физические характеристики ракета-носителя, понятие удельного импульса и тяги двигателя.

Практика: спроектировать макет выбранной ракеты в программе КОМПАС-3D v18.1, представить устройство РН.

#### **12. Проектирование модели ракеты (18 часов)**

Этап 1. Сборка модели ракеты.

Практика: Решение кейса “Водные ракеты” Приложение 3: проектирование модели ракеты в программе OpenRocket, расчет и изготовление стабилизаторов, головного обтекатели и центрирующих колец для модели ракеты. Изготовление парашюта. Проектирование и программирование электрической схемы бортовой системы спасения ракеты.

#### **13. Итоговая аттестация. (4 часа).**

Запуск ракеты. Защита результатов запуска.

**4. Информационно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение  
дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы «Прикладная  
Космонавтика»**

| № п/п                       | Название                                                                 | Автор                                                             | Год издания (создания) | Вид (электронный, печатный) |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| <b>Методические пособия</b> |                                                                          |                                                                   |                        |                             |
| 1                           | Комплексное решение для школьного курса по космонавтике «Ракетостроение» | Мулин Н, Федосеев А.– М.: Образование будущего                    | 2016                   | Печатный                    |
| 2                           | Комплексное решение для школьного курса по космонавтике «Орбисат»        | Мулин Н, Федосеев А.– М.: Образование будущего                    | 2017                   | Печатный                    |
| 3                           | Учебное пособие «Открытие за неделю»                                     | Арзуманян С.В., Короткий С.А., Денисенко Д.В.– М.: ФПО «НООСФЕРА» | 2020                   | Печатный                    |
|                             | Учебное пособие «Спутникостроение»                                       | Якушина К.Ю., Яковлева Н.М., Муллин Н.А.,                         | 2021                   | Печатный                    |

|                                                                               |                                                                                  |                                                             |               |             |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------|-------------|
|                                                                               |                                                                                  | Кусков С.А. – М.:<br>Образование будущего                   |               |             |
| 4                                                                             | Учебное пособие «Радиосвязь»                                                     | Якушина К.Ю.,<br>Прохоров А.В.– М.:<br>Образование будущего | 2021          | Печатный    |
| <b>Методические пособия. Электронные средства образовательного назначения</b> |                                                                                  |                                                             |               |             |
| 5                                                                             | Методическое пособие для проведения урока НТО. Профиль: аэрокосмические системы. | Кружковое движение<br>НТО                                   | 2021          | Электронный |
| <b>Наглядные пособия</b>                                                      |                                                                                  |                                                             |               |             |
| 6                                                                             | Фонд лучших работ обучающихся «Космоквантума», выполненных в разные годы.        | Сюсина В.А.<br>Пирогов А. Е                                 | 2018-<br>2024 | коллекция   |
| <b>Материально – техническое обеспечение</b>                                  |                                                                                  |                                                             |               |             |
| 7                                                                             | Фотоаппарат                                                                      | 1 шт.                                                       | 2016          |             |
| 8                                                                             | Ноутбук                                                                          | 10 шт.                                                      | 2017          |             |
| 9                                                                             | Набор “Матрёшка”                                                                 | 3 шт                                                        | 2020          |             |
| 10                                                                            | Персональный компьютер                                                           | 1 шт.                                                       | 2017          |             |
| 11                                                                            | Клавиатура и мышь                                                                | 1 шт.                                                       | 2017          |             |
| 12                                                                            | Монитор                                                                          | 1 шт.                                                       | 2017          |             |
| 13                                                                            | Набор инструментов «Сорокин»                                                     | 1 шт.                                                       | 2017          |             |



|    |                                      |       |      |  |
|----|--------------------------------------|-------|------|--|
| 14 | Микроскоп для проверки плат          | 1 шт. | 2017 |  |
| 15 | Ручная радиостанция                  | 1 шт. | 2017 |  |
| 16 | Набор «Орбикрафт»                    | 1 шт. | 2017 |  |
| 17 | Источник питания постоянного тока    | 3 шт. | 2017 |  |
| 18 | Панель солнечных батарей             | 2 шт. | 2017 |  |
| 19 | Набор литий-ионных батарей           | 1 шт. | 2017 |  |
| 20 | Принтер                              | 1 шт. | 2017 |  |
| 21 | Интерактивная доска                  | 1 шт. | 2017 |  |
| 22 | Проектор                             | 1 шт. | 2017 |  |
| 23 | Аудисистема Sven 2.0                 | 1 шт. | 2017 |  |
| 24 | Паяльник                             | 1 шт. | 2017 |  |
| 25 | Стол, стулья, шкафы для оборудования |       | 2017 |  |
| 26 | Набор «ТЕТРА» цифровая лаборатория   | 4 шт  | 2020 |  |
| 27 | Набор «ПЛАНЕТОХОД»                   | 5 шт  | 2020 |  |
| 28 | Набор наноспутник «Introsat»         | 3 шт  | 2022 |  |

## 5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Для куратора

1. Алатырцев А.А., Алексеев А.И., Байков М.А. и др. Под ред.: Солодов А.В. Инженерный справочник по космической технике // Изд.2, перераб. и доп., 1977
2. Биндель Д., Овчинников М.Ю., Селиванов А.С., Тайль Ш., Хромов О.Е. Наноспутник GRESAT. Общее описание, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 21, 2009
3. Гарбук С.В., Гершензон В.Е., Космические системы дистанционного зондирования Земли, Москва, издательство «А и Б», 1997 г.
4. Иванов Д. С., Ткачев С. С., Карпенко С.О., Овчинников М.Ю. Калибровка датчиков для определения ориентации малого космического аппарата, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 28, 2010
5. Иванов Д. С., Карпенко С.О., Овчинников М.Ю., Ролдугин Д.С., Ткачев С. С. Лабораторные испытания алгоритмов управления ориентацией микроспутника 'Чибис-М', Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 40, 2011
6. Краткое пособие для системного инженера, участвующего в проекте создания микроспутника. С. Карпенко, МГТУ им. Баумана, 2003г., [http://acs.scanex.ru/Documents/library/summary/prj\\_ok.doc](http://acs.scanex.ru/Documents/library/summary/prj_ok.doc)
7. Карпенко С.О., Овчинников М.Ю. Лабораторный стенд для полунатурной отработки систем ориентации микро- и наноспутников, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 38, 2008
8. Мирер С.А, Механика космического полета. Орбитальное движение, Москва, Резолит, 2007
9. Малые космические аппараты информационного обеспечения, Под

ред. проф. В.Ф.Фатеева, М.: Радиотехника, 2010/ Издательство «Радиотехника».

10. Раушенбах Б.В., Овчинников М.Ю. Лекции по механике космического полета, М.: МФТИ, 1997, 188с.

11. Овчинников М.Ю. “Малыши” завоевывают мир. В сборнике научно-популярных статей – победителей конкурса РФФИ 2007 года. Выпуск 11 / Под ред. чл.-корр. РАН В.И.Конова. – М.: Изд-во “Октопус”, 2008, с.17-29.

12. Овчинников М.Ю.. Наноспутники и современные проблемы освоения космоса. В кн.: Пространства жизни. К 85-летию академика Б.В.Раушенбаха. М: Наука, 1999, с.172-180.

13. Овчинников М.Ю. Малые спутники и проблемы их ориентации. Современные проблемы прикладной математики. Сборник научно-популярных статей. Под ред. акад. А.А.Петрова. М.: МЗ Пресс, 2005. С.197-231.

14. Овчинников М.Ю., Пеньков В.И., Кирюшкин И.Ю., Немучинский Р.Б., Ильин А. А., Нохрина Е.Е. Опыт разработки, создания и эксплуатации магнитных систем ориентации малых спутников, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 53, 2002

15. Овчинников М.Ю., Середницкий А.С., Овчинников А.М. Лабораторный стенд для отработки алгоритмов определения движения по снимкам звездного неба, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 43, 2006

16. Разработка систем космических аппаратов / Под ред. П. Фортеस्कью, Г. Суайнерда, Д.Старка; Пер. с англ. — М.: Альпина Пабlishер, 2015. — 765 с.

17. Space Mission Analysis and Design, Edited by J.R.Wertz, Kluwer Academic Publishers, 2005

18. Fundamentals of Spacecraft Attitude Determination and Control, F. Landis Markley and John L. Crassidis, 2014



19. How Spacecraft Fly, Swinerd, 2008
20. The Dream Machines A Pictorial History of the Spaceship in Art, Science and Literature, Ron Miller, Krieger Publishing, 1993
21. International Study on Cost Effective Earth Observation Missions, Rainer Sandau, 2006
22. Space Modeling and Simulation, Larry B. Rainey, 2004
23. Small Satellite Missions for Earth Observation, Sandau, et al., 2010
24. Satellite Technology: An Introduction, Andrew F. Inglis and Arch C. Luther, 1997
25. The Satellite Communication Ground Segment and Earth Station Handbook, 2nd Ed., Elbert, 2014
26. The Art of Systems Architecting, 3rd Ed., Maier, 2009
27. Introduction to the Mechanics of Space Robots, Genta, 2012
28. Emergence of Pico- and Nanosatellites for Atmospheric Research and Technology Testing, Shiroma/Thakker, 2010
29. Space Technologies, Materials, Structures, Paton, CRC Press, 2003
30. Spacecraft Formation Flying, Alfriend et al, 2010
31. Fundamentals of Space Systems - 2nd Ed., Vincent L. Pisacane and Robert C. Moore, 2005.

## Приложение 1

### Критерии оценки модели ракеты

| Критерии оценки                             | 0 баллов | 5 баллов | 10 баллов |
|---------------------------------------------|----------|----------|-----------|
| Устойчивость модели ракеты в полёте         |          |          |           |
| Прочность элементов конструкции             |          |          |           |
| Выполненные расчеты деталей модели ракеты   |          |          |           |
| Запись данных с барометра на SD-карту       |          |          |           |
| Срабатывание системы спасения модели ракеты |          |          |           |
| Полезная нагрузка модели ракеты             |          |          |           |
| Траектория полёта модели ракеты             |          |          |           |
| Защита результатов полёта.                  |          |          |           |

Максимальное количество баллов 80 — зачет;

от 39 баллов и ниже — не зачет;

## **Кейс «Спутникостроение»**

### **О кейсе**

Цель – развитие инженерного потенциала обучающихся в области спутникостроения, приобщение к научно-исследовательской и проектной деятельности космической направленности.

В ходе решения кейса обучающиеся знакомятся с устройством спутников, их назначением и принципом работы. Виды спутников, целевая орбита и датчики на спутнике. В ходе выполнения кейса формируются следующие практические навыки: сборка электрических схем, программирование, проектирование в программе КОМПАС-3D.

### **Категория кейса**

Вводный, для прохождения кейса нет начальных требований. Кейс выполняется в команде до 3х человек.

Возраст обучающихся - 12-17 лет

### **Место в структуре программы:**

Кейс является основной частью ДООП «Прикладная космонавтика» 144 часа раздела «Проектирование модели спутника».

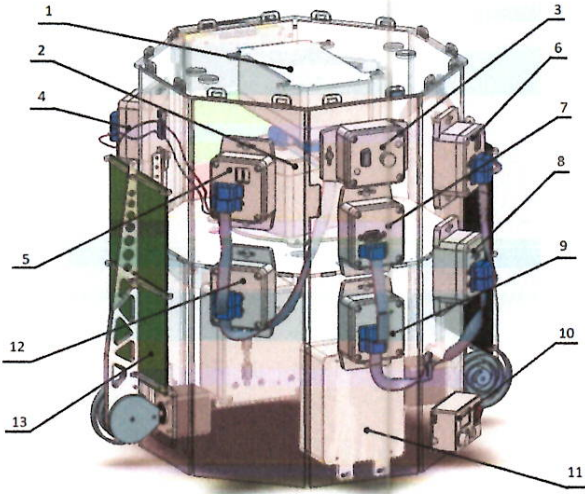
### **Необходимое оборудование**

1. Компьютер
2. ПО: КОМПАС-3D, GMAT, Arduino IDE, STM32CubeProgrammer
3. Лазерный станок
4. 3D-принтер
5. Наборы конструкторов “introsat”, “Орбикрафт”.
6. **Количество академических часов, на которые рассчитан кейс:**

18 часов

### **Учебно-тематическое планирование:**



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Блок 1. Проектный эскиз модели спутника.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                       |
| <b>Предполагаемая продолжительность</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Цель блока</b>                                                                                                     |
| 6 часов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Определение массо-габаритных параметров спутника. Выбор базового набора спутника. Подготовка эскиза конструкции.      |
| <p><b>Что делаем:</b><br/>Проектирование конструкции спутника. Тестирование и отладка датчиков.</p> <p><b>Результат:</b><br/>Эскизное решение в КОМПАС-3D. Защита проекта спутника, обоснование выбора конструкции.</p>                                                                                                                                                                       |                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                       |
| <b>Блок 2. Сборка и отладка.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                       |
| <b>Предполагаемая продолжительность</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Цель блока</b>                                                                                                     |
| 8 часов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Собрать модель спутника.<br>Написать программу для бортового микроконтроллера, обеспечивающую работу модели спутника. |
| <p><b>Что делаем:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проектирование компонентов спутника в КОМПАС-3D</li> <li>2. Изготовление деталей модели. (Печать и резка деталей)</li> <li>3. Собрать и запрограммировать бортовую электронную систему спутника.</li> <li>4. Протестировать работоспособность системы.</li> </ol> <p><b>Результат:</b><br/>Собранная модель спутника.</p> |                                                                                                                       |
| <b>Блок 3. Выполнение миссии.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                       |

| Предполагаемая продолжительность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Цель блока                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 4 часа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Выполнить стабилизацию и ориентацию по датчикам на испытательном стенде. |
| <p><b>Что делаем:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сборка испытательного стенда.</li> <li>2. Загрузка программного кода на микроконтроллер.</li> <li>3. Построение целевой орбиты в программе GMAT.</li> <li>4. Подготовка документации по результатам испытаний.</li> </ol> <p><b>Результат:</b></p> <p>Ориентация по солнечным датчикам, выполнение функции стабилизации за счет маховика. Защита проектного решения.</p> |                                                                          |

**Итоговое аттестационное задание для обучающихся**

**Кейс «Водные ракеты»**

**О кейсе**

Цель – развитие инженерного потенциала обучающихся в области ракетостроения, приобщение к научно-исследовательской и проектной деятельности космической направленности.

В ходе решения кейса обучающиеся знакомятся с физико-математическими основами ракетостроения: реактивное движение, центр давления и центр масс проектируемой ракеты, точка апогея, давление и зависимость изменения давления от высоты. В ходе выполнения кейса формируются следующие практические навыки: пайка, сборка электрических схем, программирование, проектирование в программах OpenRocket и КОМПАС-3D.

**Категория кейса**

Вводный, для прохождения кейса нет начальных требований. Кейс выполняется в команде до 3х человек.

Возраст обучающихся - 12-17 лет

**Место в структуре программы:**

Кейс является итоговым аттестационным заданием ДООП «Прикладная космонавтика», раздела «Проектирование модели ракеты».

**Необходимое оборудование**

1. Компьютер
2. ПО: КОМПАС-3D и OpenRocket
3. Лазерный станок
4. 3D-принтер
5. Базовый набор «Водные ракеты»

**Количество академических часов, на которые рассчитан кейс:**

18 часов



## Учебно-тематическое планирование

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Блок 1. Основы ракетостроения</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Предполагаемая продолжительность</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Цель блока</b>                                                                                                                                                                                                                                |
| 2 часа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Изучить устройство ракеты                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Что делаем:</b><br>Лекция «Типы ракет, их назначения и устройство.» Демонстрация принципа реактивного движения (воздушный шарик). Вводим понятие импульса тела.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Блок 2. Физика полёта</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Предполагаемая продолжительность</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Цель блока</b>                                                                                                                                                                                                                                |
| 2 часа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Определение массо-габаритных параметров ракетносителя (топливных баков) в зависимости от выбранной ПН и пунктом доставки.                                                                                                                        |
| <b>Что делаем:</b><br>Решение задач «Выбор ракетносителя для доставки ПН на орбиту»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Блок 3. Проектирование модели ракеты</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Предполагаемая продолжительность</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Цель блока</b>                                                                                                                                                                                                                                |
| 14 часов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Собрать модель водной ракеты с электронно-механической системой спасения, обеспечивающей открытие парашюта, на основе базового набора «Водные ракеты». Написать программу для бортового микроконтроллера, обеспечивающую работу системы спасения |
| <b>Что делаем:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проектирование модели ракеты в программе OpenRocket согласно технических требованиям.</li> <li>2. Проектирование компонентов модели ракеты в КОМПАС-3D</li> <li>3. Изготовление деталей модели. (Печать и резка деталей, расчет и изготовление парашюта)</li> <li>4. Собрать и запрограммировать бортовую электронную систему ракеты.</li> <li>5. Протестировать работоспособность системы спасения ракеты</li> <li>6. Осуществить пуски модели ракеты.</li> <li>7. Представить обработанные данные полета. (графики)</li> </ol> |                                                                                                                                                                                                                                                  |

**Промежуточное тестирование**  
**«Прикладная космонавтика»**

1. Выберите правильный порядок расположения планет начиная от Солнца.
  - Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун
  - Меркурий, Марс, Земля, Венера, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун
  - Меркурий, Марс, Венера, Земля, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун
  - Меркурий, Венера, Земля, Марс, Уран, Юпитер, Сатурн, Нептун
2. Какой из перечисленных космодромов находится на территории России:
  - космодром Байконур
  - космодром Восточный
  - космодром Куру
  - космодром Хаммагир
3. Перечислите 6 направлений РКО:
4. Назовите три предприятия Госкорпорации «Роскосмос», реализующие деятельность в области ракетостроения и двигателестроения?
5. Перечислите виды небесных объектов:

6. Как называются координаты на небесной сфере, по которым мы определяем местоположение небесных тел?

7. Определите какой объект наиболее яркий (обведите кружочком):

Венера ( -5 зв.вел), Челябинский болид ( -29 зв.вел), Марс (+ 1,26 зв.вел).

Сформулируйте 2-ой закон Кеплера.

8. Используя третий закон Кеплера определите период орбиты Марса, если период орбиты Земли 365 дней, большая ось Земли 1 AU, большая ось Марса 1,52 AU.

10. Перечислите тренды спутникообразования:

11. Дайте определение: Космический аппарат — это

12. Приведите 4 примера КА:



Перечислите этапы проектирования КА и дайте пояснение к каждому этапу:

1. Цели полета

а) требования пользователя

б)

в)

а)

б)

а)

б)

а)

б)

а)