

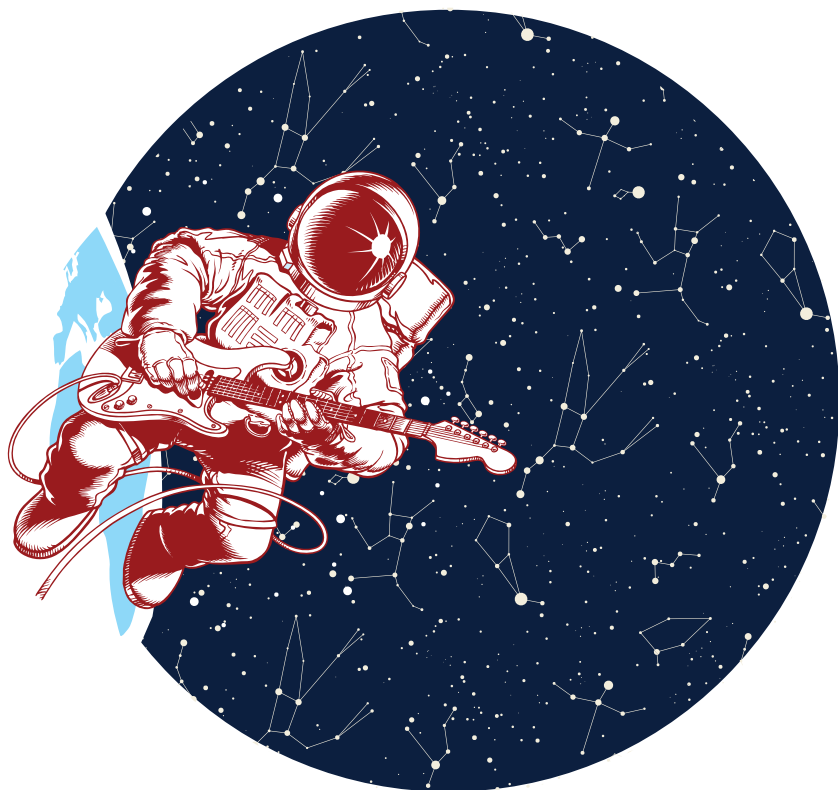
КОСМО

КВАНТУМ

ТУЛКУТ



КВАНТОРИУМ



КОСМО

КВАНТУМ

ТУНКИТ



Фонд новых форм
развития образования
PLUS ULTRA | ДАЛЬШЕ ПРЕДЕЛА



КВАНТОРИУМ

Методический инструментарий тьютора



КОСМО

КВАНТУМ

ТУЛКУТ



2017

УДК
ББК

Космоквантум тулжит. Федосеев Алексей Игоревич. – М.: Фонд новых форм развития образования, 2017 – 128 с.

Базовая серия «Методический инструментарий тьютора»

В пособие базовой серии вошли методические материалы направления Космо для использования наставниками сети детских технопарков «Кванториум» в ходе первого года обучения детей по этому направлению. Серия также содержит пособия по другим направлениям: аэро-, био-, энерджи-, авто-, нано- и другим.

Подробнее о сети детских технопарков «Кванториум» можно узнать на сайте roskvantorium.ru

ISBN

(с) ФНФРО 2017

В сборнике использованы в том числе материалы из открытых источников сети Интернет. Поскольку источники, размещающие у себя информацию, далеко не всегда являются обладателями авторских прав, просим авторов использованных нами материалов откликнуться, и мы разместим указание на их авторство.

Сборник предназначен исключительно для некоммерческого использования.



Оглавление

О Космоквантуме 6

Современная космонавтика 7

Ограничения 18

Вводный модуль 22

Пояснительная записка 23

УТП 25

Кейсы, которые входят в программу 28

Рекомендации наставникам 32

Перечень оборудования и материалов 33

Источники информации 34

Базовые кейсы 38

Возможные мастер-классы 62

Источники информации 68

О Космоквантуме



Современная космонавтика

Актуальность космонавтики продиктована не только тем, что развитие данной области позволяет осуществлять постоянный мониторинг земной поверхности с целью своевременного получения информации, но и тем, что постепенно человечество начинает задумываться об освоении новых пространств, что открывает возможности для освоения новых ресурсных баз и территорий.

Внутри самой области космонавтики условно можно выделить четыре основных направления:

- ракетостроение: создание более унифицированных ракетоносителей с целью упрощения процесса вывода различных КА на орбиту
- спутникостроение: проектирование отдельных спутников и спутниковых группировок, предназначенных для выполнения конкретной миссии
- пилотируемая космонавтика: разработка прототипов космических кораблей
- исследования космоса: проведение научных изысканий в области ближнего и дальнего космоса

Космоквантум

Задачей данного направления является погружение обучающихся в различные инженерные области космонавтики с целью привлечения талантливой молодежи в данную развивающуюся область. Конечным итогом обучения является прохождения полного жизненного цикла создания спутникового устройства: от постановки задачи до создания космического аппарата, собственной полноценной модели ракетносителя или проведения небольшого исследования.



Структура курса

1. Вводный модуль

1.1. Решение базовых кейсов и формирование базовых инженерных компетенций

1.2. Возможный выход на межквантовую деятельность

2. Углубленный модуль

2.1. Решение углубленных кейсов

2.2. Проектная деятельность

3. Участие в олимпиадах и соревнованиях

- World Skills
- RosCanSat
- Рокетфест
- Олимпиада НТИ

Форматы работ



Лекции и экскурсии

- Вводные лекции
- Лекции от экспертов
- Посещение предприятий



Командная работа

- Обсуждения проектов
- Согласование работ
- Сборка итогового продукта
- Общение с куратором



Практическая работа

- Вводные занятия
- Практикумы
- Консультации с преподавателями
- Сборка продукта и испытания



1 год обучения

Линия 0: вводный модуль (6 месяцев)

Ключевые темы:

- Ракетостроение
- Орбитальное движение
- Ориентация КА
- Электропитание спутника
- Радиосвязь
- Снимки из космоса

Возможные проекты:

- Универсальный блок полезной нагрузки для модели ракеты
- Смешанная система ориентации и стабилизации
- Оптический канал связи между КА

Линия 1: 6 месяцев

Космический мусор

- Прототип КА для устранения мусора с орбиты
- Инспекция космического мусора

Лунная экспедиция

- Умный лунный дом
- Лунная инфраструктура

Интернет вещей

- Отслеживание возникновения ЧС
- Отслеживание перемещения объектов

Жизнь на орбите

- Орбитальная оранжерея
- Концепция орбитальных модулей

Hard Skills:

- умение работать с современным оборудованием
- приобретение базовых инженерных компетенций
- умение решать межпредметные задачи

Soft Skills:

- умение работать в команде
- творческий подход к решению задач
- умение работать с большим объемом данных
- самоорганизация и стремление работать на результат



КРІ и достижения по итогам вводного модуля

Количественные:

- вспомогательные стенды для изучения физических явлений и проведения простых экспериментов
- модели ракет, в т. ч. модернизированные под целевую задачу
- упрощенные модели спутников

Качественные:

- накопление теоретических знаний и практических навыков, непосредственно связанных с областью

КРІ по итогам углубленного модуля

Количественные:

- работающие прототипы по итогам проектной деятельности

Качественные:

- сформированные проектные команды, члены которой обладают базовыми инженерными компетенциями и навыками работы по гибким методикам проектирования

Проектный год

Отрасль	Проект	Стейкхолдеры	Необходимые компетенции
Сельское хозяйство	Отслеживание состояния полей	Агропредприятия	<ul style="list-style-type: none"> • основы спутнико-строения • основы ДЗЗ
Оборона	Следящие спутниковые группировки	Оборонные предприятия	<ul style="list-style-type: none"> • основы спутнико-строения • математическое моделирование
Логистика	Спутниковые группировки для отслеживания грузов	Транспортные компании, РЖД	<ul style="list-style-type: none"> • основы спутнико-строения • математическое моделирование
Здравоохранение	Создание поддерживающих систем жизнеобеспечения в условиях невесомости	Роскосмос	<ul style="list-style-type: none"> • базовые компетенции в области медицины
Туризм	Персональный навигатор	Частные лица	<ul style="list-style-type: none"> • программирование • основы GPS

Оборудование

- «Таблетсат-конструктор»
- Лабораторная оснастка «Таблетсат-Терра»
- Центр приема данных “Вьюнок”
- Подвес для спутников
- ПО «Орбита» (подписка на 1 год)
- Набор “РокетСтарт” (x 10) (Расходный комплект)
- Набор «Спутники не падают на Землю» (расходный комплект для вводного курса)
- Набор «Исполнительные устройства» (расходный комплект для вводного курса)



- Набор «Электропитание спутника» (расходный комплект для вводного курса)
- Набор «Датчики на спутнике» (расходный комплект для вводного курса)

Затраты на открытие, требования

минимально – 3 млн.р.

оптимально – 7,8 млн.р.

Расходные материалы

мин – 900 т.р., оптимально – 3 млн

Общее видение

Образование

Методики
Наставники
Проекты
Урок технологии
Доп. образование

←————→

Космоквантум

Наставники
Абитуриенты
Профильные
ВУЗы

←————→

Космоквантум

Кружковое движение

Задачи
Поступление
КРІ
Олимпиада НТИ

←————→

Космоквантум

Методики
Наставники
Школа
наставников

←————→

Космоквантум

Участники
с реальными
проектами
NTI Sputnik
Challenge

←————→

Космоквантум

Институты развития

Идеи
Стартапы
Сколково
РВК

←————→

Космоквантум

Зарубежные организации

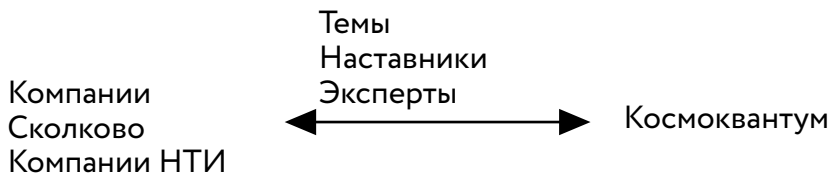
Коллаборации
с участием детей
CASIC
BRICS

←————→

Космоквантум



Частная космонавтика



Гос. Космонавтика



Ограничения



1 уровень:

Поиск информации, соревнование внутри направления

1. «Ракета с научной нагрузкой»: У вас есть характеристики ракеты. Определите, на какую высоту она может пролететь.
2. «Межпланетный перелёт»: У вас есть две малые гравитационные воронки. Проиллюстрируйте пример гравитационного маневра.
3. «Система раскрыва»: Объясните, почему системы раскрыва солнечных батарей приводят к поломке, если их задействовать в земных условиях. Предложите способ испытания систем раскрыва в земных условиях.
4. «Маховик как часть спутника»: Дана готовая конструкция спутника с маховиком. Найдите зависимость между инерцией спутника и инерцией маховика. Осуществите стабилизацию спутника (в качестве критерия соревнования – время стабилизации).
5. «Гравитационная линза»: Перед Вами оптический стенд с несколькими линзами. Если поместить объект перед линзой – его не будет видно. Объясните суть явления. Придумайте, как нужно изменить стенд, чтобы сделать объект видимым.
6. «Эффект Доплера»: У Вас имеется передвижной стенд с источником звука. Скорость перемещения устройства может варьироваться. Проанализируйте изменение звука относительно Вашего местоположения и дайте объяснение данного явления. Прослушайте ряд записей сигналов со спутников и определите моменты когда спутник отдаляется, а когда приближается.
7. «Руль управления»: Стабилизатор ракеты имеет управляющую поверхность. Определите как отклонение руля управления влияет на траекторию ракеты.
8. «Солнечная энергия»: Имея солнечный элемент определите выходное напряжение. От чего оно зависит? Опишите условия, в которых оптимально его применять.
9. «Планетоход»: Вам необходимо определить состав датчиков, необходимых для планетохода. На каких принципах построена работа выбранных Вами датчиков?
10. «Виброизоляция»: Перед Вами простой вибростенд. Устройство для испытаний содержит в своей конструкции

болты. Усиливая вибрации, заставьте болты раскрутиться. Объясните почему так происходит.

2 уровень: Углубленное исследование/конструирование. Соревнования внутри кванториума

1. «Ракета с научной нагрузкой»: У Вас есть готовая компоновка ракеты. Рассчитайте, на какую высоту она может подняться. Проведите запуск ракеты. Сравните расчётный и практический результат. Дайте анализ результатов (почему практический результат отличается от расчётного?). В качестве соревновательного элемента можно учитывать минимизацию разницы результатов.
2. «Маховик как часть спутника»: Дана готовая конструкция спутника. Подберите оптимальный размер и форму маховика для неё, чтобы осуществлять стабилизацию максимально эффективно (в качестве критерия соревнования – время стабилизации).
3. «Руль управления»: Дан стабилизатор с отклоняемой поверхностью. Зная, как его отклонение влияет на полет ракеты, предложите алгоритм управления отклоняемыми поверхностями для управления положением ракеты.
4. «Солнечная энергия»: Из солнечных элементов соберите устройство, способное выдавать напряжение, требуемое для зарядки аккумулятора.
5. «Виброизоляция»: Придумайте способ защиты от вибраций (в качестве критерия оценки: эффективность виброзащиты и простота способа реализации)

3 уровень: Соревнования между кванториумами

1. «Ракета с научной нагрузкой»: Разработать самостоятельно компоновку ракеты с целью максимизировать высоту полёта ракеты. Ракета должна измерять положение с помощью стандартного набора датчиков и передавать результат на Землю. В задачу также входит конструирование системы мягкой посадки ракеты. Ограничение: Для одной ракеты разрешается использовать не более чем 4 двигателя марки XXX (характеристики двигателя известны). Ограничение 4



уровня: Масса ракеты без двигателя не должна превышать XXX грамм (что требует использования самостоятельно спроектированные композитные материалы)

2. «Ориентация в пространстве»: Требуется создать модель спутника, способную осуществлять ориентацию в обесвешенном состоянии. Ограничение: Вес и габариты спутника должны соответствовать полной комплектации модели, содержащей необходимые служебные системы и полезную нагрузку. Ограничение 4 уровня: Для оптимизации времени ориентации модели спутника требуется оптимизировать его систему энергоснабжения и вес общей конструкции: максимизировать энергетические параметры и минимизировать вес корпуса (для решения данной задачи рекомендуется взаимодействовать с энергоквантумом и наноквантумом).

Вводный модуль

**Образовательная программа
по направлению прикладная космонавтика
72 часа**

Федеральный тьютор: Федосеев Алексей Игоревич



Пояснительная записка

Цель программы

Целью реализации программы вводного модуля является приобретение учащимися компетенций и практических навыков по конструированию космических аппаратов и инженерному конструированию в целом.

Задачи программы

- Ввести обучающихся в инженерную область космонавтики.
- Сформировать базовые инженерные компетенции.
- Провести профориентацию.
- Выработать навык работы в команде.
- Выработать навык целеполагания.
- Подготовить обучающихся к проектной деятельности.

Обоснование актуальности

Актуальность и необходимость данной дополнительной образовательной программы вводного модуля продиктована развитием космонавтики и увеличением доли частной космонавтики в России и во всем мире. Данная программа позволяет учащимся самостоятельно выбрать актуальную проблемную область и создать проект, конечный результат которого будет представлять собой полноценную инженерную разработку в области космических технологий. Описываемая образовательная программа совмещает в себе несколько важных направлений, одновременно необходимых для разработки космических проектов: физико-математические основы космонавтики, 3D-моделирование и прототипирование, программирование, программирование устройств, основы электротехники и радиотехники, проектирование космических аппаратов и т.д.

Методы

В основе занятий лежит решение простых кейсов, имеющих отношение к области космонавтики.

Формы работы

Лекции и практические занятия проводятся в аудиториях Детского Технопарка “Кванториум”. Часть практических занятий на местности при возможности желательно проводить в лабораториях учреждений высшего образования, расположенных вблизи Технопарка.

Форма занятий – групповая. Основной упор сделан на практическую часть занятий.

Программа модуля предполагает после ознакомления с теоретической базой современной космонавтики и ее техническими средствами обязательный выбор собственного уникального проекта для каждой микрогруппы (4-6 чел.) и полноценную его реализацию под руководством наставника. При этом всю работу, от постановки технического задания на разработку продукта до его выпуска учащиеся выполняют самостоятельно.

Требования к результатам освоения программы

В результате освоения образовательной программы учащиеся должны знать:

- основы аэродинамики и баллистики;
- основные принципы ракетостроения;
- базовые понятия в небесной механике;
- особенности выведения спутников на орбиту;
- виды и состав систем ориентации и стабилизации;
- физические принципы построения систем ориентации и стабилизации;
- состав типового космического аппарата, виды полезной нагрузки, состав модуля служебных систем и специфику его элементов;
- конструктивные особенности космических аппаратов;
- основные принципы написания бортовых алгоритмов.

В результате освоения образовательной программы учащиеся должны уметь:

- принимать или намечать учебную задачу, ее конечную цель;
- применять математический аппарат для решения специфици-



ческих задач;

- представлять и понимать физику процессов поставленной задачи;
- разрабатывать алгоритмы управления модели спутника;
- разрабатывать алгоритмы вторичной обработки информации от чувствительных элементов спутниковых систем;
- разрабатывать простые датчики и интегрировать их с моделью спутника;
- прогнозировать результаты работы;
- планировать ход выполнения задания;
- рационально выполнять задание;
- руководить работой группы или коллектива;
- высказываться устно в виде сообщения или доклада;
- высказываться устно в виде рецензии ответа товарища;
- представлять одну и ту же информацию различными способами.

Учебно-тематическое планирование (рекомендуемое)

Целевая аудитория: 12-17 лет (учащиеся 6-11 классов)
Количество учеников в группах: 14 человек.

Основу программы модуля составляют четыре базовых кейса, в объеме 18-часов каждый:

Раздел: Основные принципы моделирования ракет

Вид учебной деятельности: Кейс 1

Название: Ракетостроение

Количество часов: 18

Hard Skills: 3d-печать, ракетомоделирование

Soft Skills: Творческий подход к решению технических задач, целеполагание

Место проведения: Квантум, хай-тек, пусковая площадка

Раздел: Небесная механика

Вид учебной деятельности: Кейс 2

Название: Баллистика

Количество часов: 18

Hard Skills: Фрезерование

Soft Skills: Работа в команде, работа с информацией

Место проведения: Квантум, хай-тек

Раздел: Ориентация аппарата

Вид учебной деятельности: Кейс 3

Название: Ориентация аппарата

Количество часов: 18

Hard Skills: программирование, пайка

Soft Skills: Работа в команде, распределение ролей

Место проведения: Квантум, хай-тек

Раздел: Моделирование полета спутника

Вид учебной деятельности: Кейс 4



Название: Моделирование полета спутника

Количество часов: 18

Hard Skills: написание бортовых алгоритмов

Soft Skills: Работа в команде, умение излагать суть работы

Место проведения: Квантум

Также учащимся могут быть предложены два следующих дополнительных модуля, содержание которых пересекается с образовательными программами других направлений кванториумов. Данные модули могут преподаваться в рамках первой части дополнительно, в т.ч. в формате самостоятельной работы учащихся.

Модуль Д1 (доп.): Снимки из космоса

Кол-во акад. часов: всего – 15, теор. – 2, практ. – 13

Краткое описание: Практика получения и анализа космических снимков (пересечение с направлением “Геоквантум”)

Модуль Д2 (доп.): Электропитание спутника

Кол-во акад. часов: всего – 15, теор. – 2, практ. – 13

Краткое описание: Создание полноценной системы электропитания на солнечных батареях (пересечение с направлением “Энержиквантум”)

Кейсы, которые входят в программу

Кейс 1: Ракетостроение

Для экологического мониторинга воздуха в вашем городе необходимо построить ракету, которая позволит делать забор проб на высоте от 0 до 500 метров. Получаемые материалы и данные должны быть привязаны к высоте, на которой были проведены измерения. Результаты измерений необходимо передать на Землю по радио или сохранить и с помощью системы спасения доставить на Землю без повреждений.

Почасовой план кейса:

Тема	Кол-во часов
Введение. Конструирование корпуса модели.	2
Расчёт стабилизаторов	2
Изготовление стабилизаторов	2
Расчёт и изготовление системы спасения.	2
Сборка модели и запуск. Рефлексия.	2
Анализ проблемной ситуации. Формирование команд. Выбор полезной нагрузки.	2
Расчёты модели ракеты.	2
Конструирование модели ракеты.	2
Запуск модели ракеты. Рефлексия.	2
	18



Кейс 2: Баллистика

Необходимо рассчитать параметры орбитальной группировки для решения задач отслеживания важных происшествий на территории вашего региона и обосновать выбор, в т.ч. экономически. Выбор орбиты полета космического аппарата определяется как требованиями к его функциональности, так и доступными средствами – чем выше орбита, тем дороже стоит выведение полезной нагрузки. С другой стороны, низкая и геостационарная орбита принципиально отличаются по тем возможностям, которые открываются для аппаратов.

Почасовой план кейса:

Тема	Кол-во часов
Введение. Расчёт гравитационной воронки.	2
Создание гравитационной воронки. Проведение экспериментов.	2
Моделирование полёта по орбите	2
Проведение экспериментов с тканым стендом. Анализ движения нескольких тел в системе.	2
Проведение экспериментов по межпланетному перелёту. Рефлексия.	2
Анализ проблемной области. Постановка цели.	2
Расчёт потребной спутниковой группировки	2
Создание и тестирование модели спутниковой группировки	2
Защита и рефлексия	2
	18

Кейс 3: Ориентация аппарата

При запуске исследовательских систем на воздушном шаре необходимо обеспечивать ориентацию в магнитном поле Земли и стабилизацию вращения системы (например, для фото-видеосъемки в определенном направлении). Предлагается создать собственную систему ориентации и стабилизации смешанного типа и использовать ее для управления вращением груза, поднимаемого на воздушном шаре

Почасовой план кейса:

Тема	Кол-во часов
Введение. Изучение принципов ориентации КА.	2
Работа со стендом Кольца Гельмгольца: создание установки	2
Работа со стендом Кольца Гельмгольца: программирование установки	2
Работа с моделью спутника	2
Подведение итогов. Рефлексия.	2
Анализ проблемной области. Выбор типовой формы КА.	2
Разработка активных элементов системы.	2
Разработка пассивных элементов системы. Интеграция.	2
Проведение испытаний. Защита прототипа. Рефлексия.	2
	18



Кейс 4: Моделирование полета спутника

Сложные космические системы включают не только космический аппарат (или группировку), но и наземный сегмент, протоколы коммуникации и другие подсистемы. Предлагается разработать систему управления умным домом, состоящую из наземного приложения (программа на компьютере или телефоне), спутника связи (с применением конструктора “Орби-Сат”) и устройства с радиопередатчиком.

Почасовой план кейса:

Тема	Кол-во часов
Введение. Знакомство с подсистемами КА.	2
Написание бортовых алгоритмов для устройств КА.	2
Написание бортовых алгоритмов ориентации и стабилизации. Отработка работы программ на стенде.	2
Решение задачи ДЗЗ: разработка ПО.	2
Решение задачи ДЗЗ: испытания на стенде.	2
Анализ ситуации. Выбор перспективного направления доработки модели КА.	2
Работа над прототипом	2
Испытания прототипа	2
Защита и рефлексия	2
	18

Рекомендации наставникам по реализации программы

1. Предлагается начинать обучение с решения кейса по ракетостроению, так как помимо образовательного элемента данный модуль несет в себе частично и развлекательную функцию, что значительно повышает мотивацию детей к дальнейшему обучению.
2. Учебно-методический план не является жестко регламентированным. Количество занятий может варьироваться в зависимости от общего уровня группы. Также рекомендуется использовать дополнительные образовательные материалы (презентации, видеоролики, статьи) для изучения тем образовательного модуля. По окончании занятия рекомендуется обсудить вопросы модернизации устройств и механизмов, являющихся практическим результатом проведения занятий.
3. Перед началом занятия рекомендуется проверить наличие всех компонентов, инструментов материалов. Компоненты могут быть заменены на другие, обладающие аналогичными характеристиками и принципом работы по усмотрению преподавателя после проверки работоспособности.



Перечень необходимого оборудования и расходных материалов

1. Комплекс оборудования “Орбикрафт”, в том числе:
2. лабораторный стенд “Таблетсат-ТЕРРА”;
 - учебный конструктор спутника “Таблесат-Конструктор”;
 - подписка на программное обеспечение – симулятор космических аппаратов “Орбита”;
 - учебный центр приема данных с космических аппаратов “Вьюнок”;
3. оборудование Hi-Tech цеха;
4. расходные комплекты для кейсов;

Источники информации

Литература, рекомендованная для учителя:

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 'Чибиc-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
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.: М3 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 Паблишер, 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



Литература, рекомендованная для учащегося:

1. В. В. Белецкий, Очерки о движении космических тел, Изд. ЛКИ, 2009
2. Илон Маск: Tesla, SpaceX и поиски фантастического будущего, Эшли Вэнс, Олимп-Бизнес, 2015
3. З. Л. В. Ксанфомалити, Парад планет, Издательство: Наука, 1997
4. Space Mission Engineering: The New SMAD (SME-SMAD), Wertz, Everett and Puschell, 2011
5. The Logic of Microspace, Rick Fleeter, Microcosm/Kluwer, 2000
6. Reducing Space Mission Cost, James R. Wertz and Wiley J. Larson, 1996
7. Small Satellites Past, Present and Future, Helvajian and Janson, 2009
8. Журнал «Новости космонавтики», регулярное российское издание, онлайн-версия; www.novosti-kosmonavtiki.ru

Базовые кейсы



Кейс 1. Ракетостроение

Описание проблемной ситуации

Необходимо построить ракету, которая позволит проводить экологический мониторинг воздуха (забор проб, использование датчика пыли) в вашем городе на высоте от 0 до 500 метров. Получаемые материалы и данные должны быть привязаны к высоте, на которой были проведены измерения. Результаты измерений необходимо передать на Землю по радио или сохранить и с помощью системы спасения доставить на Землю без повреждений.

Категория кейса: базовый

Место кейса в структуре модуля

вводный модуль, введение в ракетостроение, популяризация занятий.

Количество учебных часов: 18 академических часов

Занятие 1

Цель: введение, конструирование корпуса модели

Что делаем: введение в теорию ракетостроения, баллистику полёта ракеты, конструирование корпуса ракеты из ватмана

Компетенции: осваивание расчётов баллистики ракеты, навык резки бумаги ножом.

Занятие 2

Цель: расчёт стабилизаторов

Что делаем: объяснение теории устойчивости, расчёт стабилизаторов методом площадей

Компетенции: осваивание расчётов площади стабилизаторов.

Занятие 3

Цель: изготовление стабилизаторов

Что делаем: изготовление стабилизаторов из пенопласта

Компетенции: навык резки и обработки пенопласта

Занятие 4

Цель: расчёт и изготовление системы спасения.

Что делаем: расчёт площади парашюта, изготовление парашюта и строп

Компетенции: получение знаний о парашютах, осваивание расчётов парашюта

Занятие 5

Цель: сборка модели и запуск; рефлексия.

Что делаем: финальная сборка частей ракеты, подготовка к запуску, запуск, рефлексия

Компетенции: практика в аккуратной сборке модели

Занятие 6

Цель: анализ проблемной ситуации, формирование команд, выбор полезной нагрузки.

Что делаем: анализ проблемной ситуации, деление на команды, выбор полезной нагрузки

Компетенции: навык командной работы, навык анализа задач

Занятие 7

Цель: расчёты модели ракеты.

Что делаем: расчёт параметров ракеты, выбор материалов и компоновки, решение уравнений, описывающих движение ракеты

Компетенции: самостоятельная проработка полученных ранее компетенций

Занятие 8

Цель: конструирование модели ракеты.

Что делаем: конструирование и сборка ракеты, размещение полезной нагрузки, программирование полёта

Компетенции: навык работы с датчиками

Занятие 9

Цель: Запуск модели ракеты, рефлексия.



Что делаем: запуск ракеты, анализ данных эксперимента и внесение коррекции в конструкцию и расчеты.

Компетенции: навык анализирования результатов работы, способность сделать выводы и исправить ошибки

Метод работы с кейсом: метод проектов.

Минимально необходимый уровень входных компетенций:

знание школьного курса механики, геометрии, аккуратность, строгое соблюдение техники безопасности, внимательность.

Предполагаемые образовательные результаты учащихся:

Артефакты: модель ракеты с полезной нагрузкой

Универсальные (soft skills): творческий подход к решению технических задач, целеполагание

Предметные (hard skills): 3d-печать, ракетомоделирование

Процедуры и формы выявления образовательного результата:

После корректного получения данных о состоянии атмосферы, результаты работы оформляются в виде отчета, в котором полученные данные сопоставляются с официальными, доступными в открытых источниках.

Необходимые расходные материалы и оборудование:

1. Стартовое оборудование:

- Стартовый стол – 1 шт.
- Пульт дистанционного запуска моделей ракет – 1 шт.
- Лента оградительная – 1 шт.
- Столбики для ограждения стартовой зоны – 6 шт.

2. Набор материалов для создания моделей ракет:

- Брусочек наждачный двусторонний – 1 шт.
- Пенопластовая потолочная плитка – 4 шт.

- Клей для пенопласта – 2 шт.
- Бумага для корпуса – 10 шт.
- Бумага – 20 шт.
- Клей для бумаги – 2 шт.
- Оправка №1 – 8 шт.
- Оправка №2 – 5 шт.
- Материал для парашюта – 1 шт.
- Тонкая клейкая лента – 5 шт.
- Защитный коврик, пластиковый – 2 шт.
- Капроновая нить – 1 катушка.
- Тонкая веревка – 1 шт.
- Резинка амортизационная (рыболовная), диаметр 2.5мм – 1 шт.
- Вата для пыжа – 1 шт.
- Головной обтекатель – 13 шт.
- Обойма двигательного отсека – 13 шт.
- Булавки русские (игла) – 1 уп.,
- Двигатель – 10 шт. РД1-10-5

3. Инструменты для создания моделей ракет:

- Ножницы – 5 шт.
- Канцелярский нож – 5 шт.
- Металлическая линейка – 5 шт..
- Металлическая линейка – 2 шт.
- Кисть щетина – 5 шт.

Список рекомендуемых источников:

Модели ракет / М.Н. Авилов. – М.: ДОСААФ, 1968 год, 71 стр.

Основы техники ракетного полета / В. И. Феодосьев. – М.: Наука, 1979

Ключ – на старт! / В. Канаев – Издательство Молодая гвардия, 1972



Руководство для наставника:

Педагогический сценарий

Инженерная разработка/доработка устройства (метод проектов)

- Введение в проблему (видеоролики, презентации, опыты, тексты и пр.)
- Изучение проблемы (вопросы учащимся, датаскаутинг, изучение источников, примеров, аналогий, обсуждения, формулирование собственных вопросов)
- Формирование проектных групп, распределение ролей
- Выдвижение идеи, решения (мозговой штурм, метод фокальных объектов и др. инструменты)
- Планирование работы (план, эскиз, ТЗ)
- Разработка и создание
- Проверка или тестирование
- Доработка
- Представление (выставка, презентация, доклад)
- Рефлексия (групповая рефлексия)

Решение кейса

Необходимо отправить полезную нагрузку на высоту не менее 450 метров. Для решения поставленного кейса учащимся нужно поставить и решить следующие подзадачи:

- Выбор полезной нагрузки и расчет ее параметров.
- Поиск доступных и подходящих для решения вариантов двигателей.
- Выбор материала для корпуса, стабилизаторов и других элементов ракеты.
- Расчет массовых и габаритных характеристик ракеты, выбор компоновки.
- Составление и решение уравнений, описывающих движение ракеты. Сравнение аналитического и численного расчета с помощью специализированного ПО.
- Сборка ракеты, программирование ее полета.
- Запуск ракеты, анализ данных эксперимента и внесение кор-

рекции в конструкцию и расчеты.

- Если задача не решена, предыдущие этапы повторяются.

Самостоятельная работа

Варианты для самостоятельного продолжения:

- запуск ракеты с видеокамерой на борту (потребуется аккуратное позиционирование объектива и более надежная система спасения);
- запуск ракеты не с Земли, а со стратосферного зонда для достижения максимальной высоты полета;
- запуск ракеты под углом к горизонту для точного поражения мишени на расстоянии 1 км и более.
- управляемый спуск полезной нагрузки.



Кейс 2. Баллистика

Описание проблемной ситуации

Выбор орбиты полета космического аппарата определяется как требованиями к его функциональности, так и доступными средствами – чем выше орбита, тем дороже стоит выведение полезной нагрузки. С другой стороны, низкая и геостационарная орбита принципиально отличаются по тем возможностям, которые открываются для аппаратов. Необходимо рассчитать параметры орбитальной группировки для решения задач отслеживания пожаров на территории России и обосновать выбор, в т.ч. экономически.

Категория кейса: базовый.

Место кейса в структуре модуля:

введение в небесную механику, постановка эксперимента, изучение типов орбит.

Количество учебных часов: 18 академических часов.

Занятие 1

Цель: введение, расчёт гравитационной воронки.

Что делаем: введение в теорию орбитального движения, расчёт гравитационной воронки

Компетенции: знание законов орбитального движения, навык расчётов для имитации силы гравитационного притяжения в лаборатории

Занятие 2

Цель: создание гравитационной воронки, проведение экспериментов.

Что делаем: создание гравитационной воронки из гипса, обработка поверхности воронки, проведение экспериментов

Компетенции: навык работы с гипсом, навык обработки гипсовой поверхности

Занятие 3

Цель: моделирование полёта по орбите

Что делаем: запуск шариков по касательной гравитационной воронки, проверка законов орбитального движения

Компетенции: проверка знаний законов орбитального движения на практике

Занятие 4

Цель: проведение экспериментов с тканым стендом, анализ движения нескольких тел в системе.

Что делаем: изготовление тканого стенда для моделирования орбитального движения, запуск нескольких шариков, сравнимых по массе, анализ движения в системе нескольких тел

Компетенции: навык командной работы при установке стенда, проверка знаний орбитального движения нескольких тел на практике

Занятие 5

Цель: проведение экспериментов по межпланетному перелёту, рефлексия.

Что делаем: моделирование межпланетного перелёта с использованием нескольких стендов гравитационной воронки, анализ результатов

Компетенции: моделирование смены орбиты

Занятие 6

Цель: анализ проблемной области, постановка цели.

Что делаем: анализ задачи, предложение способа отслеживания пожаров на территории России

Компетенции: навык анализирования проблем

Занятие 7

Цель: расчёт потребной спутниковой группировки

Что делаем: выбор конфигурации группировки, расчёт орбит

Компетенции: навык самостоятельного расчёта орбит

Занятие 8

Цель: создание и тестирование модели спутниковой группировки



Что делаем: создание и тестирование модели спутниковой группировки

Компетенции: навык создания орбитальной группировки для решения конкретной задачи

Занятие 9

Цель: защита и рефлексия

Что делаем: анализ полученных результатов, выбор оптимального решения с учётом требований и стоимости

Компетенции: навык выбора оптимальных решений

Метод работы с кейсом: аналитический метод.

Минимально необходимый уровень входных компетенций:

знание школьного курса физики на уровне 9 класса, аккуратность, внимательность.

Предполагаемые образовательные результаты учащихся:

Артефакты: гравитационная воронка, тканый стенд моделирования орбитального движения

Универсальные (soft skills): работа в команде, работа с информацией

Предметные (hard skills): работа с гипсом

Процедуры и формы выявления образовательного результата:

Результаты работы должны быть оформлены в виде аналитической записки, включающей подробные описания предложенных вариантов со схемами, механизм и результат оценки и сравнения вариантов, выводы.

Необходимые расходные материалы и оборудование:

- Модель для печати/фрезерования формы – 1 шт.
- Пленка – 1 шт толщина – 7 мкм.

- Гипс – 10 кг, скульптурный высокопробный
- Фен – 1 шт.
- Ёмкость пластиковая для размешивания гипса от 1,5 л – 3 шт.
- Набор шаров – 1 комплект, набор из шаров $d=15, 20, 25, 30$ мм
- Обруч гимнастический 0,85...1 м – 1 шт.
- Плёнка эластичная – 1 кв.м.
- Прищепки (зажимы) канцелярские – 12 шт.

Список рекомендуемых источников:

- Левантовский, В.И. Механика космического полета в элементарном изложении [Текст] / В.И.
- Левантовский: 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1980.
- Ландсберг, Г.С. Элементарный учебник физики. В 3-х томах. Том 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика / Г.С. Ландсберг: 14-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.
- Мирер С.А, Механика космического полета. Орбитальное движение, Москва, Резолит, 2007
- Раушенбах Б.В., Овчинников М.Ю.. Лекции по механике космического полета, М.: МФТИ, 1997, 188с.

Руководство для наставника

Педагогический сценарий

Аналитический метод решения проблемы

- Введение в проблему (видеоролики, презентации, опыты, тексты и пр.)
- Формирование групп, распределение ролей
- Изучение проблемы (вопросы учащимся, датаскаутинг, изучение источников, примеров, аналогий, обсуждения, формулирование собственных вопросов)
- Выделение актуальной информации, полезной для решения проблемы (обмен мнениями, фиксация материалов)
- Выработка решения проблемы (методы группового обсуждения: мозговой штурм и его модификации)
- Подготовка обобщающего сообщения
- Представление решения (выступление группы или ее пред-



- ставителя)
- Рефлексия (групповая рефлексия)

Решение кейса

Необходимо предложить несколько способов решения задачи отслеживания пожаров на территории России, для каждой выбрать конфигурацию группировки и соответствующие орбиты. Необходимо сравнить предложенные варианты систем как с т.з. пользовательских требований, так и с т.з. стоимости и выбрать оптимальное решение. Для расчетов орбит можно пользоваться симулятором "Орбита" и другими программными симуляторами.

Самостоятельная работа

Варианты для самостоятельного продолжения:

- решение задачи определения пожаров в реальном времени, как изменятся требования к системе и решение;
- решение задачи с использованием только аппаратов, в настоящий момент находящихся на орбите;
- решение задачи отслеживания пылевых бурь на Марсе – какая группировка на орбитах Марса и Земли понадобится в этом случае.

Кейс 3. Ориентация аппарата

Описание проблемной ситуации

При запуске исследовательских систем на воздушном шаре необходимо обеспечивать ориентацию в магнитном поле Земли и стабилизацию вращения системы (например, для фото-видеосъемки в определенном направлении). Предлагается создать собственную систему ориентации и стабилизации смешанного типа и использовать ее для управления вращением груза, поднимаемого на воздушном шаре.

Категория кейса: базовый.

Место кейса в структуре модуля:

изучение поведения спутника на орбите, знакомство с существующими системами ОиС.

Количество учебных часов: 18 академических часов.

Занятие 1

Цель: введение, расчёт гравитационной воронки.

Что делаем: введение в теорию способа ориентации космических аппаратов

Компетенции: получение представлений о активных и пассивных методов ориентации КА

Занятие 2

Цель: Работа со стендом Кольца Гельмгольца: создание установки

Что делаем: расчёт количества витков колец и рамки с током, создание стенда колец Гельмгольца, изготовление магнитной рамки

Компетенции: навык 3D-печати, навык пайки, навык работы с проводами, пластиком

Занятие 3



Цель: Работа со стендом Кольца Гельмгольца: программирование установки

Что делаем: подключение стенда к источнику тока, эксперименты без электроники, сборка управляющей электроники, программирование реле, закручивание магнитной рамки переключением реле

Компетенции: программирование в среде Arduino, навык работы с реле

Занятие 4

Цель: Работа с моделью спутника

Что делаем: сборка макета микроспутника, определение моментов инерции спутника и маховика, написание программы стабилизации спутника при помощи маховика

Компетенции: программирование микроконтроллера Arduino, навык работы с маховиком

Занятие 5

Цель: Подведение итогов. Рефлексия.

Что делаем: анализ результатов, обсуждение полученного опыта

Компетенции: навык анализа результатов проделанной работы

Занятие 6

Цель: Анализ проблемной области. Выбор типовой формы КА.

Что делаем: анализ задачи, выбор собственной системы стабилизации и ориентации космического аппарата

Компетенции: создание, развитие и реализация творческих идей посредством синтеза собственного метода решения

Занятие 7

Цель: Разработка активных элементов системы.

Что делаем: Создание активной системы стабилизации и ориентации КА, доработка макета спутника

Компетенции: навык создания собственной системы активной стабилизации

Занятие 8

Цель: Разработка пассивных элементов системы. Интеграция.

Что делаем: Доработка макета спутника пассивными элементами стабилизации, написание программы стабилизации и ориентации

Компетенции: навык создания собственной системы пассивной стабилизации

Занятие 9

Цель: Проведение испытаний. Защита прототипа. Рефлексия.

Что делаем: Проведение испытаний, анализ протокола испытаний, внесение, при необходимости, корректив в созданную систему, обсуждение результатов

Компетенции: навык проведения испытаний созданной системы, умение проанализировать ошибки и сделать выводы

Метод работы с кейсом: метод проектов

Минимально необходимый уровень входных компетенций:

знание школьной физики на уровне 9 класса, аккуратность, внимательность.

Предполагаемые образовательные результаты учащихся:

Артефакты: стенд колец Гельмгольца, модель микроспутника.

Универсальные (soft skills): развитие творческого подхода к решению инженерных задач, опыт анализа проблемы ориентации космического аппарата, работа в команде, распределение ролей.

Предметные (hard skills): разработка программ в среде Arduino, пайка.

Процедуры и формы выявления образовательного результата:

Результат испытаний системы в целом нужно представить в виде протокола испытаний. Также предлагается оформить проект в виде презентации, фиксирующей архитектуру системы, подходы к решению и результаты.



Необходимые расходные материалы и оборудование:

- Arduino Relay module (модуль реле) – 2 шт.
- Лазерный модуль MXD1230 5мВт – 1 шт.
- Датчик уровня света для Arduino – 1 шт.
- Arduino Uno R3 – 2 шт.
- Цифровой влагозащищенный термометр – 2 шт.
- Двигатель – 1 шт.
- Адаптер двигателя – 1шт.
- Батарейный отсек – 1 шт.
- Модуль MPU9250 гироскоп + акселерометр + магнитометр.
- Провода для беспаячной сборки (Dupont) – 2 шт.
- Провод обмоточный 1 мм, 3 кг – 1 шт.
- Провод медный обмоточный 0,3 мм, 100г – 1 шт.
- Винт с полукруглой головкой М3х6 мм, 40 шт. – 1 шт.
- U-Профиль ПВХ 18х10х1х1000 мм, белый – 3 шт.
- Труба ПВХ 7х1х1000 мм, белая – 1 шт.
- Клей-гель супер Axton, 3 гр – 2 шт.
- Штанга оцинкованная DIN 975 М, с резьбой, 3х1000 мм, сталь – 1 шт.
- Кабель ШВПТ-М 2х2.50 – 2 шт.
- Мотор шилд -1 шт.
- Батарейки AA – 2 шт 1,2 В.
- Макетная плата – 1 шт.
- Бананы красные – 3 шт.
- Бананы черные – 3 шт.
- 3D печатные элементы спутника – 1 шт.
- 3D печатные элементы колец Гельмгольца – 1 шт.
- Пластик PLA или ABS. Корпусные элементы колец Гельмгольца
- Пила по металлу – 1 шт.

Список рекомендуемых источников:

- 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
- 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

- 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
- Краткое пособие для системного инженера, участвующего в проекте создания микроспутника. С. Карпенко, МГТУ им. Баумана, 2003г.
- 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
- 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.
- 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

Руководство для наставника

Педагогический сценарий

Инженерная разработка/доработка устройства (метод проектов)

- Введение в проблему (видеоролики, презентации, опыты, тексты и пр.)
- Изучение проблемы (вопросы учащимся, датаскаутинг, изучение источников, примеров, аналогий, обсуждения, формулирование собственных вопросов)
- Формирование проектных групп, распределение ролей
- Выдвижение идеи, решения (мозговой штурм, метод фокальных объектов и др. инструменты)



- Планирование работы (план, эскиз, ТЗ)
- Разработка и создание
- Проверка или тестирование
- Доработка
- Представление (выставка, презентация, доклад)
- Рефлексия (групповая рефлексия)

Решение кейса

Необходимо доработать активную составляющую системы стабилизации с помощью маховика или вентиляторов, а также использовать магнитометр для ориентации по сторонам света. При решении данной задачи учащимся необходимо будет выполнить следующие подзадачи:

- Создание активной системы стабилизации
- Доработка модели аппарата для выполнения поставленной задачи
- Оптимизация энергопотребления исполнительными устройствами
- Написание простейшего алгоритма стабилизации.

Самостоятельная работа

Варианты для самостоятельного продолжения:

- доработка системы с добавлением нескольких пассивных элементов стабилизации;
- создание трехосной системы стабилизации.

Кейс 3. Моделирование полёта спутника

Описание проблемной ситуации

Сложные космические системы включают не только космический аппарат (или группировку), но и наземный сегмент, протоколы коммуникации и другие подсистемы. Предлагается разработать систему управления умным домом, состоящую из наземного приложения (программа на компьютере или телефоне), спутника связи (с применением конструктора “ОрбиСат”) и устройства с радиопередатчиком.

Категория кейса: базовый.

Место кейса в структуре модуля:

продолжение изучения движения спутника по орбите, написание бортовых алгоритмов для выполнения целевой задачи

Количество учебных часов: 18 академических часов.

Занятие 1

Цель: Введение. Знакомство с подсистемами КА.

Что делаем: знакомство с конструктором «ОрбиСат», его подсистемами, функциями библиотеки `libschat` для программирования БЦВМ

Компетенции: получение представления о структуре спутника для дистанционного зондирования Земли

Занятие 2

Цель: Написание бортовых алгоритмов для устройств КА.

Что делаем: написание программ для управления подсистемами спутника, загрузка программ в БЦВМ, проверка работы

Компетенции: бортовое программирование

Занятие 3

Цель: Написание бортовых алгоритмов ориентации и стабилизации. Отработка работы программ на стенде.



Что делаем: расчёт моментов инерции спутника и маховика, написание программы для ориентации и стабилизации спутника, доведение программы до корректной работы
Компетенции: применение знаний физики для стабилизации КА, программирование, отладка программ

Занятие 4

Цель: Решение задачи Д33: разработка ПО.

Что делаем: составление алгоритма для решения задачи дистанционного зондирования Земли, написание бортовой программы

Компетенции: навык алгоритмического решения задач, программирование

Занятие 5

Цель: Решение задачи Д33: испытания на стенде.

Что делаем: испытание программы Д33, обсуждение результатов

Компетенции: решение задачи Д33

Занятие 6

Цель: Анализ ситуации. Выбор перспективного направления доработки модели КА.

Что делаем: анализ задачи, выбор устройств, требующихся для доработки модели КА

Компетенции: навык анализа проблем, развитие творческого подхода к решению задач

Занятие 7

Цель: Работа над прототипом

Что делаем: Создание устройства передатчика для наземного объекта, создание модуля приёма сигналов и интеграция его в шину спутника, программирование приёмника и передатчика, написание программы полёта КА

Компетенции: навык создания системы приёма-передачи, навык интеграции новых подсистем в КА

Занятие 8

Цель: Испытания прототипа

Что делаем: Проверка созданных устройств, разработка методики испытаний и проведение финального тестирования системы

Компетенции: навык проведения испытаний созданных устройств

Занятие 9

Цель: Защита и рефлексия

Что делаем: защита прототипа, обмен опытом, подведение итогов

Компетенции: навык защиты проектов

Метод работы с кейсом: метод проектов

Минимально необходимый уровень входных компетенций:

знание школьной физики на уровне 9 класса, внимательность, базовые знания программирования.

Предполагаемые образовательные результаты учащихся:

Артефакты: устройство с радиопередатчиком

Универсальные (soft skills): развитие творческого подхода к решению инженерных задач, работа в команде, умение излагать суть работы

Предметные (hard skills): навык бортового программирования

Процедуры и формы выявления образовательного результата:

Результат испытаний системы в целом нужно представить в виде протокола испытаний. Также предлагается оформить проект в виде презентации, фиксирующей архитектуру системы, подходы к решению и результаты.



Необходимые расходные материалы и оборудование:

- лабораторный стенд “Таблетсат-ТЕРРА”;
- учебный конструктор спутника “ОрбиСат”;
- плата Arduino
- радиомодули

Список рекомендуемых источников:

- <http://wiki.orbicraft.ru/doku.php>
- 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
- 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 № 28, 2010
- Разработка систем космических аппаратов / Под ред. П. Фортескью, Г. Суайнерда, Д.Старка; Пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2015. — 765 с.
- Малые космические аппараты информационного обеспечения, Под ред. проф. В.Ф.Фатеева, М.: Радиотехника, 2010/ Издательство «Радиотехника».
- Гарбук С.В., Гершензон В.Е., Космические системы дистанционного зондирования Земли, Москва, издательство «А и Б», 1997 г.

Руководство для наставника

Педагогический сценарий

Инженерная разработка/доработка устройства (метод проектов)

- Введение в проблему (видеоролики, презентации, опыты, тексты и пр.)
- Изучение проблемы (вопросы учащимся, датаскаутинг, изучение источников, примеров, аналогий, обсуждения, формулирование собственных вопросов)
- Формирование проектных групп, распределение ролей
- Выдвижение идеи, решения (мозговой штурм, метод фокальных объектов и др. инструменты)
- Планирование работы (план, эскиз, ТЗ)
- Разработка и создание
- Проверка или тестирование
- Доработка
- Представление (выставка, презентация, доклад)
- Рефлексия (групповая рефлексия)

Решение кейса

Необходимо разработать отдельные компоненты системы и объединить их для получения полноценного сервиса сбора информации от множества цифровых устройств. Решение базового кейса предполагает выполнение следующих подзадач:

- Выбор радиомодуля для наземного объекта и сборка устройства-передатчика на его основе.
- Создание нового модуля для конструктора “ОрбиСат” с использованием контроллера Ардуино и радиомодуля для приема сигналов с наземного устройства. Интеграция модуля в шину спутника.
- Сборка модели космического аппарата и программирование его полета с учетом передачи информации от наземного устройства в Центр управления полетом.
- Разработка методики испытаний и проведение тестирования всей системы.



Самостоятельная работа

- Наполнить наземные устройства реальным востребованным функционалом (измерение температуры, получение заряда батареи и т.п.);
- Реализовать не только схему измерения, но и удаленного управления (обратный поток информации);
- Реализовать многоспутниковую систему.

Возможные мастер-классы



Мастер класс №1 «Ключ на старт!»

Тема: ракетное моделирование

Продолжительность: 60 минут

Целевая аудитория: дети от 12 лет и их родители

Цели и задачи:

- собрать ракету из готовых деталей и произвести её запуск;
- познакомиться с базовыми понятиями в аэродинамике;
- заинтересовать аудиторию ракетомоделированием.

Требования к входным компетенциям участников: аккуратность, строгое соблюдение техники безопасности

Краткое описание: Задачей является в течение получаса определиться с компоновкой и осуществить общую сборку ракеты. После сборки группа выходит на стартовую площадку, и поочередно проводятся запуски моделей ракет. Каждому участнику выдается комплект деталей на выбор:

- корпус ракеты: предлагается несколько вариантов разной длины и диаметра;
- обтекатель, напечатанный на 3d-принтере: несколько вариантов разной формы;
- стабилизаторы: несколько типовых форм, необходимо выбрать количество и форму стабилизаторов;
- паз для двигателя соответствующего диаметра и двигатель;
- система спасения: на выбор предлагается парашют или тормозная лента.

Выбор компоновки ракеты осуществляется с подкреплением теоретической базы.

План проведения / алгоритм действий:

Знакомство с аудиторией и краткий рассказ о ракетостроении	10 минут
Выбор компонентов для модели ракеты	20 минут
Сборка ракеты	15 минут
Запуск ракет	10 минут
Рефлексия по итогам запуска	5 минут

Необходимое оборудование и расходные материалы (для проведения МК):

- набор составляющих модели ракеты
- защитное покрытие для стола формата А3
- бумага А4
- канцелярский набор
- суперклей
- 3d принтер
- стартовое оборудование

Результат

Артефакты: (материальные), формируемые компетенции / осваиваемые технологии или инструменты обучения.

Материальные:

Модель ракеты, расчет стабилизаторов центра масс проектируемой модели

Компетенции:

Баллистика ракет, принцип работы ракетных двигателей, 3d моделирование.

Навык проектирования и моделирование ракеты, анализа параметров и результатов полёта проектируемой модели



Мастер класс №2. «Сам себе метеоролог»

Тема: спутниковая съёмка

Продолжительность: 45 минут

Целевая аудитория: дети от 15 лет и их родители

Цели и задачи:

- получение артефакта /формирование навыков / освоение технологии или инструмента обучения
- Получить снимок с метеорологического спутника и обработать его.

Требования к входным компетенциям участников: нет

Краткое описание

В ходе занятия показывается работа со станцией приёма спутниковых данных «Вьюнок». Станция позволяет принимать снимки с метеорологических спутников типа NOAA и Meteor.

План проведения / алгоритм действий

С помощью специализированного ПО необходимо:

- определить время прохода спутника над станцией;
- настроить станцию на приём фотографии;
- осуществить приём фотографии;
- распечатать полученную фотографию;
- с помощью географической карты и специализированного ПО обработки фотографии на распечатанном снимке указать название населённого пункта и текущую температуру;
- полученный погодный снимок ламинируется и оставляется на память.

Примечание: Данный урок можно провести успешно только в несколько определённых моментов времени, обусловленных проходом соответствующих спутников над станцией.

Необходимое оборудование и расходные материалы (для проведения МК)

- Приемная станция «Вьюнок»
- Принтер и ламинатор
- Ноутбуки с ПО

Результат: артефакты (материальные), формируемые компетенции / осваиваемые технологии или инструменты обучения.
Погодная карта

Мастер класс №3 «Зарядись от Солнца»

Продолжительность: 45 минут

Целевая аудитория: дети от 15 лет и их родители

Цели и задачи:

- получение артефакта /формирование навыков / освоение технологии или инструмента обучения
- создать из солнечных элементов зарядное устройство для телефона.

Требования к входным компетенциям участников

План проведения / алгоритм действий

В ходе занятия создаётся электрическая схема с несколькими солнечными элементами, способная заряжать мобильное устройство. Для этого необходимо:

соединить в единую систему солнечные элементы (2 шт);

соединить полученное соединение с повышающим DC-DC стабилизатором;

теперь с помощью USB-micro-usb кабеля можно подключить зарядное устройство к мобильному телефону.

В солнечную погоду данное устройство будет обеспечивать потребное напряжение для зарядки устройства.

Примечание: для данного урока требуется паяльник и некоторые вводные занятия по работе с ним, если проходящие данный курс не знакомы с работой на паяльном оборудовании.



Необходимое оборудование и расходные материалы (для проведения МК)

- Солнечные батареи
- Шина для соединения
- Стабилизатор повышающий
- Модуль заряда
- USB-кабель
- Провода для пайки

Результат: артефакты (материальные), формируемые компетенции / осваиваемые технологии или инструменты обучения.

Материальные:

Электрическая схема и готовый образец зарядного устройства на основе солнечных батарей.

Компетенции:

Навыки проектирования электрических схем, пайки. Знания о работе солнечных элементов.

Источники информации



Для преподавателей

Литература, периодические издания и методические материалы

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

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

Гарбук С.В., Гершензон В.Е., Космические системы дистанционного зондирования Земли, Москва, издательство «А и Б», 1997 г.

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

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

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

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

Мирер С.А, Механика космического полета. Орбитальное движение, Москва, Резолит, 2007

Малые космические аппараты информационного обеспечения, Под ред. проф. В.Ф.Фатеева, М.: Радиотехника, 2010/ Издательство «Радиотехника».

Раушенбах Б.В., Овчинников М.Ю.. Лекции по механике кос-

мического полета, М.: МФТИ, 1997, 188с.

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.

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.

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.

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

Овчинников М.Ю., Средницкий 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

Разработка систем космических аппаратов / Под ред. П. Фор-тескью, Г. Суайнерда, Д.Старка; Пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2015. — 765 с.

А.В. Берков, И.Ю. Кобзарев Теория тяготения Эйнштейна. Общие принципы и экспериментальные следствия. М.: МИФИ, 1989.– 88 с

Бронников К.А., Рубин С.Г. Лекции по гравитации и космологии. Учебное пособие. М.: МИФИ, 2008. 460 с.

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

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

How Spacecraft Fly, Swinerd, 2008

The Dream Machines A Pictorial History of the Spaceship in Art, Science and Literature, Ron Miller, Krieger Publishing, 1993



International Study on Cost Effective Earth Observation Missions, Rainer Sandau, 2006
Space Modeling and Simulation, Larry B. Rainey, 2004
Small Satellite Missions for Earth Observation, Sandau, et al., 2010
Satellite Technology: An Introduction, Andrew F. Inglis and Arch C. Luther, 1997
The Satellite Communication Ground Segment and Earth Station Handbook, 2nd Ed., Elbert, 2014
The Art of Systems Architecting, 3rd Ed., Maier, 2009
Introduction to the Mechanics of Space Robots, Genta, 2012
Emergence of Pico- and Nanosatellites for Atmospheric Research and Technology Testing, Shiroma/Thakker, 2010
Space Technologies, Materials, Structures, Paton, CRC Press, 2003
Spacecraft Formation Flying, Alfriend et al., 2010
Fundamentals of Space Systems – 2nd Ed., Vincent L. Pisacane and Robert C. Moore, 2005

Дистанционные и очные курсы для профессионального развития, МООС, видео, вебинары, онлайн-мастерские и т.д.

«Основы астрономии», МГУ <https://distant.msu.ru/mod/page/view.php?id=25930> (открытые курсы)

«Гравитация»: шарики на эластичной мембране <http://www.instructables.com/id/Space-Fabric/> (онлайн-мастерская)

Создание контроллера для игры в Kerbal Space Program <http://www.instructables.com/id/Kerbal-Space-Program-Controller/> (онлайн-мастерская)

Вакуум <http://www.instructables.com/id/What-is-Life-Like-in-the-Vacuum-of-Space/> (онлайн-мастерская)

Создание телескопа <http://www.instructables.com/id/Smaller-Dobsonian-telescope/> (онлайн-мастерская)

Лекторий музея космонавтики http://www.kosmo-museum.ru/static_pages/lektoriy-muzeya-kosmonavtiki (видео)

Тематические web-ресурсы: сайты, группы в социальных сетях, видео каналы, симуляторы, цифровые лаборатории и т.д.

Гравитация и орбиты <https://phet.colorado.edu/en/simulation/gravity-and-orbits> (симулятор)

Orbiter Space Flight Simulator <http://orbit.medphys.ucl.ac.uk/> (игра-симулятор)

Удалённое управление телескопами <http://www.itelescope.net/> (телескоп)

Как запускают спутники <https://www.youtube.com/watch?v=YvbB4S5NiX8> (видео-ролик)

Vert Dider: перевод и озвучка научно-популярных видео, лекций, дебатов и документальных фильмов. https://vk.com/studio_vd?smt=groups_list%3A1 (группа в социальной сети)

QWERTY: канал о науке и технологиях <https://www.youtube.com/channel/UCMR8RxR6J8U5QIJmUTADLAA> (видео-канал)

Открытый космос https://vk.com/space_live (группа в соцсети)

«Сквозь червоточину» с Морганом Фрименом <https://www.youtube.com/watch?v=F-Y2mPjxVIE> (подборка видео)

Офлайн активности: игры (настольные, карточные, командные), тренинги и т.д.

Интеракториум Марс-ТЕФО <http://www.marstefo.ru/> (интеракториум, квест)

Покорение Марса http://www.mosigra.ru/Face/Show/pokorenie_marsa/rules/ (настольная игра)



Для детей

Литература и периодические издания

В. В. Белецкий, Очерки о движении космических тел, Изд. ЛКИ, 2009

З. Л. В. Ксанфомалити, Парад планет, Издательство: Наука, 1997

С. Хокинг, Л. Млодинов, Высший замысел, Пер. с англ. — М. Кононов, Амфора, 2010

Э. Роджерс, Физика для любознательных, Том 2, Наука о Земле и Вселенной. Молекулы и энергия, Пер. под ред. Е.М. Лейкина, Мир, 1970

Илон Маск: Tesla, SpaceX и поиски фантастического будущего, Эшли Вэнс, Олимп-Бизнес, 2015

The Logic of Microspace, Rick Fleeter, Microcosm/Kluwer, 2000

Reducing Space Mission Cost, James R. Wertz and Wiley J. Larson, 1996

Small Satellites Past, Present and Future, Helvajian and Janson, 2009

Space Mission Engineering: The New SMAD (SME-SMAD), Wertz, Everett and Puschell, 2011

Журнал «Новости космонавтики», регулярное российское издание, онлайн-версия; www.novosti-kosmonavtiki.ru

Ресурсы для самообразования: видеоуроки, онлайн-мастерские, онлайн-квесты, тесты и т.д.

Быстрое конструирование стенда для запуска ракет <http://www.instructables.com/id/Rocket-Stand/> (онлайн-мастерская)

Создание простого цифрового телескопа <http://www.instructables.com/id/Make-simple-digital-telescope/> (онлайн-мастерская)

Зарядка мобильного телефона от солнечной батареи <http://www.instructables.com/id/Solar-phone-charging-system-featuring-sun-tracking/> (онлайн-мастерская)

«Основы астрономии», МГУ <https://distant.msu.ru/mod/page/view.php?id=25930> (открытые курсы)

Web-ресурсы по направлению: тематические сайты, видео каналы, видео-ролики, игры, симуляторы, цифровые лаборатории, онлайн конструкторы и.д.

Kerbal Space Program <https://kerbalspaceprogram.com/en/> (компьютерная игра)

Гравитация и орбиты <https://phet.colorado.edu/en/simulation/gravity-and-orbits> (симулятор)

Моя Солнечная система <https://phet.colorado.edu/en/simulation/my-solar-system> (симулятор)

Orbiter Space Flight Simulator <http://orbit.medphys.ucl.ac.uk/> (игра-симулятор)

Space Engine <http://spaceengine.org/> (симулятор)

Удалённое управление телескопами <http://www.itelescope.net/> (телескоп)

Визуализация гравитации <https://www.youtube.com/watch?v=EIEOGoBA4FA&t=495s> (видео-ролик)

Вселенная и её размеры https://youtu.be/5P_W9XU-iHY (видео-ролик)

Посадка «Curiosity» на Марс <https://www.youtube.com/watch?v=ZHQZI4kn3VA> (видео-ролик)

«Путешествие во времени» со Стивеном Хокингом <https://www.youtube.com/watch?v=kfxLyKiykLI> (фильм)

Офлайн активности: игры (настольные, карточные, подвижные), квесты, тренинги и т.д.

Интеракториум Марс-ТЕФО <http://www.marstefo.ru/> (интеракториум, квест)

Покорение Марса http://www.mosigra.ru/Face/Show/pokorenie_marsa/rules/ (настольная игра)

Космические дальнобойщики http://www.mosigra.ru/Face/Show/galaxy_trucker/ (настольная игра)



«Космоквантум тулkit»

Автор: Федосеев Алексей Игоревич
Оформление: Николай Скирда (обложка, макет),
Алексей Воронин (верстка)
Редакционная группа:

Базовая серия «Методический инструментарий тьютора»



**Фонд новых форм
развития образования**
PLUS ULTRA | ДАЛЬШЕ ПРЕДЕЛА



КВАНТОРИУМ

www.roskvantorium.ru