

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГОРОДА МОСКВЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ГОРОДА МОСКВЫ _____

Принята на заседании методического
(педагогического) совета
от «__» _____
Протокол № _____

Утверждаю
Директор ГБОУ _____
_____ ФИО
«__» _____ 20__ г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА**

«Инженерия космических систем»

НАПРАВЛЕННОСТЬ: ТЕХНИЧЕСКАЯ

Уровень: базовый

Возраст обучающихся: 13 -18 лет

Срок реализации: 3 года

Составитель (разработчик):
ФИО,
педагог дополнительного образования

г. Москва
2020 год

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Пояснительная записка.....	3
2. Учебный (тематический) план 1 года обучения	8
3. Учебный (тематический) план 2 года обучения	9
4. Учебный (тематический) план 3 года обучения	10
5. Содержание учебного (тематического) плана 1 года обучения.....	11
6. Содержание учебного (тематического) плана 2 года обучения	17
7. Содержание учебного (тематического) плана 3 года обучения.....	22
8. Формы контроля и оценочные материалы.....	27
9. Организационно-педагогические условия реализации программы	27
10.Список литературы	29

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа базового уровня «Инженерия космических систем» (далее Программа) имеет техническую направленность. Программа предназначена для обучения основам проектирования космических аппаратов, направлена на овладение знаниями в области космических технологий, ориентирована на создание необходимых условий для личностного развития обучающихся, позитивной социализации и профессионального самоопределения; удовлетворение индивидуальных потребностей в интеллектуальном, нравственном развитии, а также в занятиях научно-техническим творчеством.

Программа рекомендована для реализации проекта предпрофессионального образования «Инженерный класс в московской школе», подготовки к соревнованиям JuniorSkills и WorldSkills.

Актуальность Программы связана с необходимостью обучения молодых специалистов в области космических технологий в связи с возросшей потребностью в квалифицированных инженерных кадрах, научных работниках в производственной сфере.

Космическая отрасль является сложной, наукоемкой и динамично развивающейся отраслью, связанной с технологическими прорывами, новыми материалами и инженерными решениями. Развитие авиации и космонавтики немислимо без специалистов, способных решать научные, технические и организационные проблемы по созданию конкурентоспособной авиакосмической техники. Современному специалисту в области инженерии космических систем требуется овладеть основами методов проектирования полезных нагрузок и служебных систем космических аппаратов, знать основы баллистики, динамики космического полета, теории надежности, принципов проведения испытаний, иметь представление об электронике, материаловедении и даже основах экономики и организации труда.

Обучающиеся знакомятся с историей развития и основными достижениями авиационной, аэрокосмической и ракетно-космической отраслями промышленного комплекса, интерес к которым в наше время играет значительную роль в развитии науки, технического прогресса, в освоении космоса и укреплении обороны страны.

Обучающиеся приобретают навыки самостоятельного проектирования космической техники. Это способствует профориентации обучающихся и их дальнейшему самоопределению в выборе будущей профессии.

Освоение Программы способствует формированию в сознании обучающихся прочных межпредметных связей, поскольку конструирование летающих аппаратов невозможно без знаний физики, химии, математики. Проектирование летающих аппаратов помогает обучающимся закреплять на практике знания из школьной программы, расширяет их технический кругозор.

Проектные работы, выполняемые обучающимися, позволяют сформировать умение самостоятельно приобретать и применять знания, а также способствуют развитию творческих способностей личности.

Цель Программы – освоение знаний по конструированию космических летательных аппаратов, развитие интереса к космонавтике, вовлечение обучающихся в познавательную и творческую деятельность по ракетно-космическому моделированию и конструированию.

Программа позволяет реализовать ряд задач.

Обучающие задачи:

- формировать знания обучающихся об устройстве Вселенной;
- ознакомить с технологиями, применяемыми в ракетостроении и аэрокосмической инженерии;
- формировать знания в области аэродинамики, умения и навыки проектирования и конструирования ракетно-космической техники;
- формировать навыки коллективной проектной деятельности при реализации проектов ракетно-космической техники.

Развивающие задачи:

- развивать познавательный интерес и познавательные способности обучающихся на основе включенности в познавательную деятельность, связанную с конструированием и моделированием ракетно-космической техники;
- развивать творческие способности и изобретательность обучающихся, их логическое, абстрактное и креативное мышление в процессе проектно-исследовательской деятельности;
- развивать у обучающихся память, внимание, пространственное воображение, логическое и техническое мышление;
- развивать умение излагать мысли в четкой логической последовательности, отстаивать свою точку зрения, анализировать ситуацию и самостоятельно находить ответы на вопросы путем логических рассуждений;

- способствовать профессиональной ориентации обучающихся.

Воспитательные задачи:

- воспитывать умение работать в команде в процессе решения творческих задач;
- воспитывать уважение к точным наукам, стремление к дальнейшему обучению;
- воспитывать чувство патриотизма и гражданственности на примере Российской авиации и космонавтики;
- воспитывать самостоятельность и настойчивость в решении инженерно-технических задач в процессе технического моделирования ракетно-космической техники и космических систем;
- воспитывать эколого-гуманистическое отношение к космосу как ресурсу и сфере научно-технического прогресса человечества.

Возраст обучающихся и срок реализации Программы

Программа рассчитана на 3 года обучения обучающихся в возрасте от 13 до 18 лет. Занятия проводятся в групповой форме.

Группы занимаются 2 раза в неделю по 2 часа (с перерывом на 15 минут каждые 45 минут). Количество часов в год -144.

Предельная наполняемость групп составляет 15 человек.

В группы первого года обучения принимаются все желающие, проявляющие интерес к космической технике. При наличии определенного уровня общего развития, интереса к данному виду технического творчества и после проведения собеседования в группы второго года обучения могут быть приняты новые обучающиеся. В группы третьего года обучения принимаются обучающиеся после второго года обучения.

Особенности построения и содержания Программы

В Программе для проектирования ракетно-космической техники изучается:

- механика космического полета,
- динамика вращения твердого тела,
- прикладная небесная механика,
- асимптотические методы нелинейной механики,
- теория гироскопических систем,
- теория устойчивости движения,
- архитектура бортовых систем управления,

- системное проектирование,
- теоретическая механика,
- сопротивление материалов,
- материаловедение,
- основы расчета и моделирования тепловых режимов космических аппаратов,
- околоземная космическая среда.

Для разработки творческого проекта обучающиеся в группе делятся на команды по 3-4 человека.

Результатом первого года обучения является создание простейшего или среднего уровня сложности проекта ракетно-космической техники с использованием общих технологий, применяемых аэрокосмической инженерии (по образцу или алгоритму).

Результатом второго года обучения является создание общего проекта ракетно-космической техники с использованием базовых технологий, применяемых в аэрокосмической инженерии (по образцу, но с добавлением новых деталей, предлагая новое инженерное решение).

Результатом третьего года обучения является самостоятельная разработка детального проекта ракетно-космической техники или отдельных агрегатов и блоков, которые не выполнялись на занятиях, либо самостоятельно подобранные варианты оригинальных инженерных решений в коллективных работах при проектировании современных и перспективных космических систем, аппаратов, аэрокосмических конструкций.

Планируемые результаты

По окончании **первого года обучения** обучающиеся будут

знать:

- историю космонавтики и ракетной техники;
- устройство Вселенной;
- принципы полета самолета;
- основы реактивного движения;
- основы технического конструирования;
- общие понятия о теории полета моделей ракет;
- правила оформления и защиты проектов.

уметь:

- выполнять правила технической безопасности при работе с инструментами и электротехническими приборами;
- правильно и осмысленно использовать специальную терминологию;
- самостоятельно конструировать и моделировать объемные детали моделей в САПР Autodesk Inventor;
 - самостоятельно изготавливать простейшие модели ракет;
 - выстраивать процесс изготовления конструкций по правилам логики и целесообразности.

По окончании **второго года обучения** обучающиеся будут

знать:

- основные правила технической безопасности при работе с инструментами и электротехническими приборами;
- правила пользования технической литературой (справочники, журналы);
 - физические основы космонавтики;
 - основы динамики полета на околоземных орбитах;
 - периоды исторического развития отечественной и мировой космонавтики и авиационно-космической промышленности;
 - характеристики аэрокосмической среды;
 - основы динамики полетов в ближнем и дальнем космосе;
 - основы моделирования динамики полета аэрокосмического аппарата;
 - методы регулировки и окончательной отладки самостоятельно построенных моделей;
 - правила оформления и защиты проектов.

уметь:

- выполнять основные правила технической безопасности при работе с инструментами и электротехническими приборами;
- применять навыки использования технической литературы;
- самостоятельно разрабатывать рабочие чертежи и изготавливать модели по ним;
 - программировать устройства РКТ на АПС Arduino;
 - самостоятельно оформлять проекты для защиты и участия в конкурсах.

По окончании **третьего года обучения** обучающиеся будут

знать:

- правила технической безопасности при работе с инструментами и электротехническими приборами;
- современные открытия и изобретения в области ракетной техники;
- конструкции ракет-носителей космических летательных аппаратов;
- основы программирования на языке Python;
- культуру производства в сфере авиации и космонавтики.

уметь:

- выполнять правила технической безопасности при работе с инструментами и электротехническими приборами;
- систематически использовать техническую литературу (справочники, журналы, каталоги, интернет) при конструировании и изготовлении новых радиоэлектронных конструкций;
- пользоваться промышленными электро- и радиоизмерительными приборами;
- самостоятельно применять полученные знания при разработке и конструировании моделей ракет;
- разрабатывать детальные проекты ракетно-космической техники и отдельные агрегаты и блоки;
- моделировать орбитальное движение с помощью программ Orbitron и Sx Modeler;
- доказывать принципиальные положительные отличия сконструированных устройств;
- принимать участие в соревнованиях, выставках, конкурсах различного уровня.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

УЧЕБНЫЙ (ТЕМАТИЧЕСКИЙ) ПЛАН ПЕРВОГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ

№ п/п	Тема занятия	Количество часов			Формы аттестации
		Всего	Теория	Практика	
1.	Вводное занятие. Техника безопасности	2	2	-	
2.	Устройство Вселенной и тайны Космоса	8	4	4	Дискуссия, тест

3.	Авиация	6	4	2	
4.	Основы реактивного движения	8	6	2	Тест
5.	Истории космонавтики и ракетной техники	6	4	2	Презентация рефератов
6.	Изучение ракетно-космической техники	6	4	2	
7.	Космические летательные аппараты	8	4	4	
8.	Экскурсия в музей Космонавтики	4	4		
9.	Авиационно-космические системы	8	4	4	Тест
10.	Основы технического конструирования	10	4	6	Зачёт
11.	Конструирование в современной промышленности. Система САПР	6	2	4	Зачет
12.	Создание деталей аэрокосмической техники в САПР Autodesk Inventor	16	4	12	
13.	Электротехника и электромеханика в аэрокосмических аппаратах	8	4	4	
14.	Проектирование летающей модели ракеты с электротехнической системой на борту	12	6	6	Стендовый доклад
15.	Основы материаловедения	6	4	2	
16.	Технологические основы космического макетирования и моделирования	8	4	4	Зачет
17.	Разработка летающей модели ракеты с управлением от готового командоаппарата	20	2	18	Защита проекта
18.	Итоговое занятие	2	2	-	
	Всего:	144	68	76	

УЧЕБНЫЙ (ТЕМАТИЧЕСКИЙ) ПЛАН ВТОРОГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ

№ п/п	Тема занятия	Количество часов			Формы аттестации и контроля
		Всего	Теория	Практика	
1.	Вводное занятие. Техника безопасности	2	2	-	
2.	Физические основы космонавтики	8	4	4	Тест

3.	Аэрокосмическая среда и ее характеристики	6	4	2	
4.	Энергетические основы космонавтики и ракетно-космической техники. Экологические основы космонавтики	8	2	6	Презентация макетов
5.	Работа с технической литературой	6	2	4	
6.	Патентно-библиографическая работа в ракетно-космической технике	6	4	2	Самостоятельная работа
7.	Расчеты межпланетных перелетов	10	4	6	
8.	Перспективы развития космонавтики и ракетно-космической техники	10	4	6	Презентация макетов
9.	Радиоэлектронное макетирование	8	4	4	
10.	Основы технической эстетики	6	2	4	
11.	Конструкционные материалы и их характеристики	16	4	12	
12.	Применение микроконтроллеров. Аппаратно-программные средства Arduino	8	4	4	Зачет
13.	Введение в программирование АПС Arduino	12	6	6	Зачет
14.	Проектирование в САПР мехатронной системы ракеты	16	4	12	
15.	Создание ракеты с командоаппаратом	20	4	16	Защита проектов
16.	Итоговое занятие.	2	2	-	
	Всего	144	56	88	

УЧЕБНЫЙ (ТЕМАТИЧЕСКИЙ) ПЛАН ТРЕТЬЕГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ

№ п/п	Тема занятия	Количество часов			Формы аттестации и контроля
		Всего	Теория	Практика	
1.	Вводное занятие. Техника безопасности.	2	2	-	
2.	Космические летательные аппараты	8	4	4	
3.	Конструкция ракет - носителей космических летательных аппаратов	6	4	2	

4.	Многоразовые транспортные ракетно-космические системы	8	6	2	
5.	Стартовые ракетно-космические комплексы	8	6	2	
6.	Ракетно-космическое двигателестроение	8	4	4	Презентация проекта
7.	Системы обеспечения жизнедеятельности человека в космосе	8	4	4	
8.	Основы механики космического полета	8	6	2	
9.	Бортовые энергетические устройства космических аппаратов	6	2	4	Защита проекта
10.	Знакомство с конструктором «OrbiCraft»	6	4	2	
11.	Основы программирования «OrbiCraft» на языке Python	8	4	4	Зачёт
12.	Программирование компьютерных сетей на языке Python	10	4	6	
13.	Физические свойства атмосферы и методы их исследования	8	4	4	
14.	Знакомство с САПР «SolidWorks» и системами моделирования свойств конструкции. Проектирование спутника «OrbiCraft» в SolidWorks	16	6	10	
15.	Освоение динамики полета спутника с помощью программы «Sx Modeler»	10	4	6	
16.	Создание станции приема сигналов со спутника на основе SDR приемника	22	4	18	Защита проекта
17.	Итоговое занятие	2	2	-	
	Итого	144	70	74	

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО (ТЕМАТИЧЕСКОГО) ПЛАНА ПЕРВОГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ

Тема 1. Вводное занятие. Техника безопасности

Теоретическая часть.

Ознакомление с Программой текущего года занятий. Инструкция по технике безопасности.

Тема 2. Устройство Вселенной и тайны космоса

Теоретическая часть.

Устройство Вселенной. История изучения Космоса. Тайны Космоса. Космические телескопы. Космические программы.

Практическая работа.

Проведение тестирования на знание характеристик Вселенной. Дискуссия о направлениях исследований Солнечной системы.

Тема 3. Авиация

Теоретическая часть.

Аэродинамическая схема и принципы полета самолета. Устройство и принципы работы турбореактивного двигателя. Истребитель МИГ-19 и его модификация – перехватчик МИГ-19С с ракетным ускорителем. Самолеты с аэродинамической схемой «Продольный триплан». Преимущества схемы «триплан» перед классической аэродинамической схемой. Стратегические бомбардировщики ЗМ и М50 конструкции ОКБ-23 В.М. Мясищева.

Практическая работа.

Создание таблиц «Сравнительная характеристика» для:

- Самолет «Молния-1»;
- Самолет «Молния-300» (проект);
- Самолет «Молния-400» (проект);
- Самолет «Молния-1000» (проект);
- Стратегический бомбардировщик ЗМ;
- Стратегический бомбардировщик М50.

Тема 4. Основы реактивного движения

Теоретическая часть.

Реактивное движение в природе и технике. Законы Ньютона. Реактивная сила, ее зависимость от различных факторов. Способы создания реактивной силы. Ракетные двигатели, их классификация. Основные элементы конструкции ракетных двигательных установок.

Практическая работа.

Изготовление и демонстрация гидравлических, паровых и газовых реактивных аппаратов. Проведение тестирования на знание ракетных двигателей.

Тема 5. Истории космонавтики и ракетной техники

Изобретение дымного пороха, пороховые ракеты. Работы А.Д. Засядько и К.И. Константинова. История изобретения бездымного пороха. Роль работ К.Э. Циолковского в развитии ракетостроения и космонавтики. С.П. Королев - основоположник практической космонавтики. Разработка баллистических ракет дальнего действия в Советском Союзе. Программа пилотируемых полетов. Спутники серии «Космос». Исследование межпланетного пространства и планет Солнечной системы.

Практическая работа.

Презентация рефератов об исследовании космоса.

Тема 6. Изучение ракетно-космической техники

Теоретическая часть.

Устройство и принципы работы жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). Ракета-носитель (РН) «Протон». Ракета-носитель Н-1 для пилотируемых полетов на Луну. Ракета-носитель «Энергия» для выведения на орбиту орбитального корабля «Буран» и для межпланетных полетов. Особенности конструкции ракеты-носителя космического корабля «Восток». Долговременные орбитальные станции «Салют» и «Мир».

Практическая работа.

Сравнение конструкций автоматических космических кораблей «Восток» и «Союз».

Тема 7. Космические летательные аппараты (КЛА)

Теоретическая часть.

Основы «небесной механики» и управления полетом КЛА. Лунный комплекс ЛЗ космической системы Н-1-ЛЗ. Ракетно-космический комплекс (РКК) «Алмаз». Орбитальная пилотируемая станция (ОПС). Транспортный корабль снабжения (ТКС). Возвращаемый аппарат.

Практическая работ.

Расчет движения космических тел в их общем гравитационном поле с учётом действия давления, излучения, сопротивления среды, изменения массы и других факторов, изучаемых в рамках небесной механики как астрономической науки.

Тема 8. Экскурсия в музей Космонавтики

Теоретическая часть.

Первый искусственный спутник Земли. Первая отечественная экспериментальная жидкостная ракета на гибридном ракетном топливе «ГИРД-09». Космический корабль «Союз». Космическая система «Энергия-Буран».

Тема 9. Авиационно-космические системы

Теоретическая часть.

Многоразовая космическая система (МКС) «Энергия-Буран». Назначение, состав и основные характеристики МКС «Энергия-Буран». Многоразовый орбитальный корабль (ОК) «Буран».

Многоцелевая авиационно-космическая система «МАКС» (проект). Авиационно-космическая система (АКС) «Спираль». Многоцелевая авиационно-космическая система (МАКС) с использованием тяжелого самолета АН-225 «Мрия». МАКС с использованием сверхтяжелого самолета «Молния-1000» («Геракл»). Многоразовый ускоритель «Байкал» для первых ступеней РН «Ангара» (проект).

Практическая работа.

Составление таблицы разрабатываемых АКС. Проведение теста на знание истории создания и конструктивной схемы МКС «Энергия-Буран».

Тема 10. Основы технического конструирования

Теоретическая часть.

Основные этапы разработки технических устройств. Понятие о Единой системе конструкторской документации. Основы машиностроительного черчения. Понятие об основах взаимозаменяемости, системе допусков и посадок. Понятие о компромиссных решениях. Классификация технических решений (усовершенствование, рационализаторское предложение, изобретение, открытие). Понятие о способах и типах соединений деталей и сборочных единиц в технических устройствах.

Практическая работа.

Составление элементарных технических заданий. Выпуск простейших эскизов и рабочих чертежей. Приобретение навыков работы с

измерительными инструментами. Выпуск простейших чертежей общего вида космических аппаратов. Проведение зачета.

Тема 11. Конструирование в современной промышленности. Система САПР

Теоретическая часть.

Переход современной промышленности на цифровые технологии. CAD/CAM-системы как основы современного производства. Технологии SAE. Обзор существующих систем инженерного проектирования.

Принципы создания трехмерных объектов в инженерной графике. Принципы моделирования. Знакомство с интерфейсом САПР Autodesk Inventor.

Практическая работа.

Выполнение первых несложных заданий по проектированию деталей и созданию чертежей. Проведение зачета.

Тема 12. Создание деталей аэрокосмической техники в САПР Autodesk Inventor

Теоретическая часть.

Создание плоского чертежа, простейшей трехмерной детали, сложной трехмерной детали. Сборка. Моделирование.

Практическая работа.

Практикум. Создание сложной детали по эскизу. Виртуальная выставка проектов аэрокосмической техники.

Тема 13. Электротехника и электромеханика в аэрокосмических аппаратах

Теоретическая часть.

Система электропитания космического аппарата.

Практическая работа.

Создание бортовых и наземных электромеханических и пиротехнических исполнительных устройств.

Тема 14. Проектирование летающей модели ракеты с электротехнической системой на борту

Теоретическая часть.

Основы методики расчета энергопотребления космического аппарата, понятие режима энергопотребления. Расчет надежности и массы системы электропитания, включая бортовую кабельную сеть. Способы повышения надежности системы и снижения ее массы.

Практическая работа.

Проектирование и расчет бортовой электрической системы модели ракеты и спутника. Представление модели - стендовый доклад.

Тема 15. Основы материаловедения

Теоретическая часть.

Характеристики материалов, применяемых в космическом макетировании и моделировании. Методы их получения. Особенности эксплуатации материалов, применяемых в космонавтике и ракетной технике. Перспективы развития космического материаловедения.

Практическая работа.

Анализ механических и физико-химических характеристик различных материалов, применяемых в космическом макетировании и моделировании.

Тема 16. Технологические основы космического макетирования и моделирования

Теоретическая часть.

Методы гальванопластики в макетировании. Пайка и сварка элементов конструкций. Клеи и клеевые соединения. Лакокрасочные покрытия и методы их нанесения. Изучение механических характеристик клеевых соединений на эпоксидной основе в зависимости от температуры отверждения. Анализ опыта работы в области технологии космического макетирования и моделирования.

Практическая работа.

Изготовление элементов конструкций методом гальванопластики. Изготовление головных обтекателей для моделей ракет из пенопласта различными способами. Представление полученных конструкций. Проведение зачета.

Тема 17. Разработка летающей модели ракеты с управлением от готового командоаппарата

Теоретическая часть.

Проектирование деталей модели ракеты.

Практическая работа.

Изготовление деталей и корпуса. Монтаж в корпус блока системы спасения. Испытания срабатывания бортовой автоматики. Летно-конструкторские испытания.

Тема 18. Итоговое занятие

Теоретическая часть.

Подведение итогов работы за учебный год. Поощрение наиболее активных ребят. План индивидуальной работы на летние каникулы. Планирование работы на следующий учебный год.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО (ТЕМАТИЧЕСКОГО) ПЛАНА ВТОРОГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ

Тема 1. Вводное занятие. Техника безопасности

Теоретическая часть.

Ознакомление с Программой текущего года занятий. Правила техники безопасности.

Тема 2. Физические основы космонавтики

Теоретическая часть.

Законы движения. Законы сохранения. Колебания. Движение твердых тел. Тяготение. Элементы теории относительности. Вакуум и сверхвысокие давления. Электричество и магнетизм. Понятие о явлениях сверхпроводимости и сверхтекучести. Некоторые понятия атомной и ядерной физики.

Практическая работа.

Демонстрации основных законов физики. Сборка малогабаритной солнечной батареи на фотоэлементах и определение ее характеристик. Проведение тестирования на знание законов движения и законов сохранения.

Тема 3. Аэрокосмическая среда и ее характеристики

Теоретическая часть.

Понятие аэрокосмической среды, аэрокосмической деятельности и аэрокосмической инженерии. Характеристики атмосферной и космической составляющей и требования, накладываемые на конструкцию аэрокосмических аппаратов.

Практическая работа.

Проведение опытов с невесомостью, вакуумом, аэродинамикой, гироскопами.

Тема 4. Энергетические основы космонавтики и ракетно-космической техники. Экологические основы космонавтики

Теоретическая часть.

Классификация ракетных двигателей. Твердые и жидкие ракетные топлива, их характеристики и технология получения. Основные понятия термодинамики и термодинамика ракетных двигателей. Перспективы развития ракетно-космического двигателестроения.

Контроль из космоса экологического состояния планеты Земля. Воздействие ракетно-космической техники на экосферу Земли. Проблемы удаления с Земли отходов ядерной энергетики. Засорение околоземного космического пространства элементами космических аппаратов. Солнечные электростанции и вопросы охраны окружающей среды.

Практическая работа.

Создание макетов ионных и фотонных двигателей. Презентация макетов.

Тема 5. Работа с технической литературой

Теоретическая часть.

Система научно - технической и патентной информации в России. Виды публикаций. Научно - технические и научно - популярные журналы в России и за рубежом. Каталоги и библиографические указатели. Методы работы с технической литературой. Информатика и ее связь с поиском технических решений. Центры информационной работы в России.

Практическая работа.

Разработка и техническое обоснование проекта программы освоения ближнего и дальнего космоса до 2050 года.

Тема 6. Патентно-библиографическая работа в ракетно-космической технике

Теоретическая часть.

Роль и задачи патентно-библиографической работы. Основы информатики и патентоведения. Понятие о патентной чистоте. Характеристики различных информационных изданий, их особенности.

Практическая работа.

Проведение патентно-библиографического поиска по теме выпускного творческого проекта.

Тема 7. Расчеты межпланетных перелетов

Теоретическая часть.

Орбитальный полет. Траектории полетов к объектам Солнечной системы. Расчет межпланетных перелетов. Энергетика полета и требования к межпланетному аппарату.

Практическая работа.

Расчеты пилотируемых и автоматических экспедиций к различным объектам Солнечной системы.

Тема 8. Перспективы развития космонавтики и ракетно-космической техники

Теоретическая часть.

Основные технико-экономические показатели в космонавтике и ракетно-космической технике: годовой грузопоток, его уровни, относительная масса полезной нагрузки, ее стоимость, относительная информативность полезной нагрузки, энерговооруженность космических аппаратов, длительность полетов и надежность систем космических аппаратов, методы ее обеспечения, многоразовость и методы ее обеспечения. Одноразовые транспортные системы и методы форсирования их характеристик. Многоразовые одноступенчатые транспортные космические аппараты. Межорбитальные транспортные аппараты. Долговременные орбитальные станции. Солнечные электростанции. Лунные базы. Проекты экспедиций на Марс. Первые орбитальные заводы. Космическая астрономия. Исследования

Солнца и планет Солнечной системы. Изучение космических программ и аппаратов.

Практическая работа.

Разработка чертежей общего вида космических аппаратов. Изготовление макетов ракетно-космической техники и экспериментальных устройств, моделирующих физико-химические процессы, имеющие место в космической технике.

Тема 9. Радиоэлектронное макетирование

Теоретическая часть.

Этапы проектирования и отладки радиоэлектронных устройств. Знакомство с устройством Breadboard, технологией размещения на ней радиоэлектронных компонентов и отладкой работы устройства. Использование лабораторного блока питания, мультиметра, осциллографа для отладки. Системотехника цифровых электронных устройств.

Практическая работа.

Сборка электронных устройств на интегральных микросхемах средней степени интеграции. Практикум по сборке мультивибратора на транзисторах и ИМС на макетной плате. Освоение системы проектирования Fritzing.

Тема 10. Основы технической эстетики

Теоретическая часть.

Цели и задачи технической эстетики. Единство формы и содержания на современном этапе научно - технического прогресса. Художественное конструирование. Понятие об эргономике и антропометрии. Понятие о единстве функциональных и эстетических задач при конструировании технических устройств.

Практическая работа.

Анализ станции «Салют» с точки зрения эргономики и художественного конструирования. Разработка колористического оформления интерьера жилого отсека для марсианской экспедиции.

Тема 11. Конструкционные материалы и их характеристики

Теоретическая часть.

Жаростойкие металлы и сплавы. Применение их в ракетно-космической технике. Керамические материалы. Пластмассы. Композиционные материалы,

углеродные волокна и ткани. Бор - алюминий и его свойства. Пенoметаллы. Материалы, применяемые в условиях вакуума и сверхнизких температур. Методы борьбы с наводороживанием металлов.

Практическая работа.

Изготовление элементов конструкций из различных материалов. Определение их прочностных характеристик.

Тема 12. Применение микроконтроллеров. Аппаратно-программные средства Arduino

Теоретическая часть.

Понятие микроконтроллера. Общая схема микроконтроллерных устройств. Аппаратно - программное средство (АПС) Arduino-Uno и Arduino-Nano. Назначение, конструкция платы, способы подключения.

Практическая работа.

Разработка блок-схем микроконтроллерных устройств для космической техники. Подключение АПС Arduino и первые простейшие программы. Проведение зачета.

Тема 13. Введение в программирование АПС Arduino

Теоретическая часть.

Понятие скетча. Базовые программные конструкции при написании скетча. Использование процедур, функций. Использование библиотек.

Практическая работа.

Работа с датчиками и таймером. Проведение зачета.

Тема 14. Проектирование в САПР мехатронной системы ракеты

Теоретическая часть.

Основные понятия мехатроники. Обеспечение контроля процесса с помощью датчиков.

Практическая работа.

Проектирование в Inventor блока системы спасения ракеты (или других блоков автоматики).

Тема 15. Создание ракеты с командоаппаратом

Теоретическая часть.

Проектирование бортового командоаппарата модели ракеты.

Практическая работа.

Монтаж деталей. Создание и отладка программы. Испытания на надёжность срабатывания. Анализ испытаний. Подготовка к защите и защита проектов.

Тема 16. Итоговое занятие

Теоретическая часть. Подведение итогов работы за учебный год. Поощрение наиболее активных ребят. План индивидуальной работы на летние каникулы. Планирование работы на следующий учебный год.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО (ТЕМАТИЧЕСКОГО) ПЛАНА ТРЕТЬЕГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ

Тема 1. Вводное занятие. Техника безопасности

Теоретическая часть.

Ознакомление с Программой текущего года занятий. Инструкция по технике безопасности.

Тема 2. Космические летательные аппараты

Теоретическая часть.

Классификация космических летательных аппаратов. Общие сведения. Характеристики околоземного и межпланетного космического пространства. Состав и компоновка аппаратов. Основные вопросы проектирования. Особенности проектирования. Конструкции автоматических, пилотируемых космических летательных аппаратов и долговременных орбитальных станций.

Практическая работа.

Конструирование космических летательных аппаратов. Составление сводных технических справок по параметрам космических летательных аппаратов и их отдельным элементам. Выпуск чертежей общего вида. Выбор темы творческого проекта.

Тема 3. Конструкция ракет - носителей космических летательных аппаратов

Теоретическая часть.

Классификация ракет - носителей. Их компоновочные схемы. Силовые схемы. Конструктивные схемы. Аэродинамическая и внутренняя компоновка ракет-носителей. Тактико-технические характеристики ракет-носителей. Уровень конструктивного совершенства. Технологичность конструкции.

Эксплуатационные характеристики. Детальный анализ типовых конструкций ракет - носителей.

Практическая работа.

Изготовление иллюстрированных плакатов по конструкциям ракет - носителей и их препарированных макетов.

Тема 4. Многоэтажные транспортные ракетно-космические системы

Теоретическая часть.

Из истории вопроса о многоэтажных транспортных ракетно-космических системах (МТРС): работы К.Э. Циолковского, Ф.А. Цандера, С.П. Королева. Место МТРС в космических программах. Анализ различных проектов МТРС. Перспективы развития.

Практическая работа.

Изготовление из различных материалов макетов разнообразных МТРС. Выполнение частей творческих проектов, связанных с МТРС.

Тема 5. Стартовые ракетно-космические комплексы

Теоретическая часть.

Цели и задачи космодромов. Основные параметры космодромов. Состав и структура стартовых комплексов. Техническая позиция. Стартовая позиция. Транспортное оборудование и подъемно - установочные устройства. Заправочные и пусковые системы космодрома. Системы термостатирования, управления, наведения и контроля. Космодромы планеты.

Практическая работа.

Анализ и классификация систем и подсистем космодрома. Изготовление соответствующих наглядных пособий, макетов и моделей.

Тема 6. Ракетно-космическое двигателестроение

Теоретическая часть.

Основы проектирования ракетных двигателей. Камеры сгорания. Турбонасосные агрегаты. Элементы пневмо-гидросхемы. Телеметрия двигательных установок. Испытания двигательных установок. ГОСТы на термины и определения в двигателестроении. Роль современной технологии в ракетно-космическом двигателестроении. Изучение советских ракетных двигателей на жидком топливе РД - 107, РД - 108, РД - 214, РД - 119.

Практическая работа.

Изготовление макетов ракетных двигателей на жидком топливе. Изготовление настольной демонстрационной установки на газообразном кислороде и пропане. Изучение характеристик данной двигательной установки. Презентация проекта.

Тема 7. Системы обеспечения жизнедеятельности человека в космосе

Теоретическая часть.

Общие сведения. Основные параметры системы обеспечения жизнедеятельности. Средства обеспечения газового состава. Водоснабжение. Пища. Средства санитарно-гигиенического обеспечения. Биотехнические системы. Области применения различных комплексов системы обеспечения жизнедеятельности. Скафандры. Понятие об экологически замкнутых системах.

Практическая работа.

Проектирование биотехнической системы.

Тема 8. Основы механики космического полета

Теоретическая часть.

Космические скорости. Классификация орбит, их параметры. Выведение ИСЗ на орбиту. Орбитальное маневрирование. Изменение плоскости орбит. Спуск с орбиты. Плоская и пространственная задачи достижения Луны. Пролетная траектория. Межпланетные полеты. Полеты вне плоскости эклиптики. Полеты с большой и малой тягой. Полеты к астероидам и планетам. Межпланетные экспедиции.

Практическая работа.

Анализ проекта «Вега». Организация наблюдений за спутниками с целью определения параметров их орбиты.

Тема 9. Бортовые энергетические устройства космических аппаратов

Теоретическая часть.

Состав и структурная схема космических энергоустановок. Краткая история их развития. Электрохимические, фотоэлектрические и радиоизотопные космические энергоустановки. Ядерные энергоустановки.

Сравнительные характеристики и перспективы развития космических энергоустановок.

Практическая работа.

Изготовление термоэлектрических преобразователей и определение их характеристик. Презентация и защита проекта.

Тема 10. Знакомство с конструктором «OrbiCraft»

Теоретическая часть.

Назначение конструктора и история его создания. Использование конструктора в проектных сессиях.

Практическая работа.

Составление таблицы «Основные блоки спутника и их назначение».

Тема 11. Основы программирования «OrbiCraft» на языке Python

Теоретическая часть.

Подключение бортового компьютера к Wi-Fi и программирование бортового компьютера. Подключение солнечных датчиков и получение от них информации. Подключение маховика.

Практическая работа.

Создание простейшего варианта системы ориентации спутника. Особенности программирования на языке Python. Написание программ для спутника. Проведение зачета.

Тема 12. Программирование компьютерных сетей на языке Python

Теоретическая часть.

Понятие сети, архитектуры сети, конфигурации, протокола обмена. Стандарты сетей.

Практическая работа.

Работа с сетью RS-485 на языке Python.

Тема 13. Физические свойства атмосферы и методы их исследования

Теоретическая часть.

Состав и строение земной атмосферы. Тропосфера, озоновый слой, стратосфера, мезосфера, термосфера. Физические модели атмосферных

явлений. Малоизученные вопросы атмосферных процессов. Методы исследования.

Практическая работа.

Применение методов статистической обработки для анализа результатов физических измерений.

Тема 14. Знакомство с САПР «SolidWorks» и системами моделирования свойств конструкции. Проектирование спутника «OrbiCraft» в SolidWorks

Теоретическая часть.

Особенности SolidWorks по сравнению с другими аналогичными САПРами. Интерфейс SolidWorks. Библиотека компонентов конструктора OrbiCraft.

Практическая работа.

Создание своих компонентов в SolidWorks. Сборка спутника в SolidWorks. Моделирование характеристик спутника.

Тема 15. Освоение динамики полета спутника с помощью программы «Sx Modeler»

Теоретическая часть.

Основы слежения за спутниками на околоземной орбите. Программы типа Orbitron для отслеживания движения спутников по орбитам. Назначение программы Sx Modeler.

Практическая работа.

Работа с интерфейсом программы. Моделирование динамики движения спутника на орбите. Расчет стоимости подсистем спутника в программе Sx Modeler.

Тема 16. Создание станции приема сигналов со спутника на основе SDR приемника

Теоретическая часть.

Телеметрическая информация, передаваемая искусственным спутником Земли (ИСЗ). Особенности радиоприема со спутников. SDR приемник: основное назначение и устройство.

Практическая работа.

Создание антенны на диапазон 2м.

Проектирование собственной исследовательской ракеты с корпусом из композитных материалов, радиоэлектронной системой телеметрии. Изготовление отдельных деталей. Сборка. Отладка. Стендовые испытания. Подготовка к защите и защита проекта.

Тема 17. Итоговое занятие

Теоретическая часть.

Подведение итогов года. Выставка. Награждение.

ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В ходе реализации данной Программы проводится текущий, промежуточный и итоговый контроль формирования знаний, умений и навыков.

Текущий контроль ведется на каждом занятии в форме педагогического наблюдения за правильностью выполнения практической работы.

Промежуточный контроль осуществляется в форме тестирования, самостоятельной работы, зачёта, демонстрации изготовленных изделий (презентация, стендовый доклад).

Итоговый контроль предполагает защиту проектов на научно-практических конференциях и конкурсах разного уровня.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Материально-технические условия реализации Программы

Для успешной реализации данной Программы необходимо сухое, светлое, хорошо проветриваемое помещение, оснащенное техническими средствами: компьютер с доступом в интернет, мультимедийный проектор или компьютерная доска.

Для практических занятий по программированию необходим компьютерный класс и программное обеспечение:

- язык программирования Python;
- система проектирования Autodesk Inventor;
- программный комплекс SolidWorks Standard;
- специализированная программа SX Modeler.

Для практических занятий по конструированию необходимо:

- платы Arduino;
- конструктор спутника «OrbiCraft»;
- материалы: картон, клей, фанера, ДВП, деревянные рейки, проволока, модельная резина, припой, канифоль, метизы, микроэлектродвигатели, полиэтилен, акриловые краски;
- инструменты: карандаши, линейки, циркуль, ножницы, напильники, надфили, рубанок, лобзик, ножовка по дереву, ножовка по металлу, полотна к ножовке по металлу, пилки, отвертки, пассатижи, круглогубцы, бокорезы, кернер, ножницы по металлу, шило, паяльник, кисточки;
- оборудование: тиски, сверлильный станок, распиловочный станок «Умелые руки», штатив для запуска ракет, установка для дистанционного запуска ракет (пучковая установка, стартовый стол).

Методы и формы проведения занятий

Теоретические сведения сообщаются в форме познавательных бесед с последующим обсуждением темы. Это беседы с одновременной демонстрацией рисунков, фотографий, чертежей устройств с вопросами и ответами, дискуссиями, а также экскурсии, встречи с космонавтами, учеными, преподавателями высших учебных заведений.

Практическая часть включает реализацию приобретенных теоретических знаний; создание индивидуальных проектов.

Методическое обеспечение Программы: медиатека, техническая литература, книги об истории космонавтики и жизни выдающихся представителей космической отрасли, проспекты по вузам и предприятиям космической направленности, работы с описанием творческих проектов выпускников разных лет, презентации творческих работ для выступлений на мероприятиях различного уровня – всероссийских, областных, муниципальных, чертежи конструкторских разработок, модели и макеты ракетно-космической техники, выполненные обучающимися разных лет.

При изучении тем используются:

- наглядные пособия по космонавтике;
- журналы «Новости космонавтики»;
- фото-, аудио-, видеоматериалы.

Принципы реализации Программы

1. Индивидуальный подход.

Выражается в ориентации Программы на индивидуальные возможности и потребности обучающихся.

2. Деятельностный подход.

Выражается в органическом единстве теоретических знаний и практических умений.

3. Доступность.

Заключается в необходимости соответствия содержания, методов и форм обучения возрастным особенностям обучающихся, уровню их развития.

4. Преемственность и последовательность обучения.

Предполагает, что знания даются обучающимся не только в определенной последовательности и взаимосвязи, а изложение учебного материала педагогом доводится до уровня системности в сознании обучающихся.

5. Результативность.

Выражается в нацеленности на получение обучающимся конкретного образовательного результата в ходе каждого учебного занятия;

6. Профориентационная направленность.

Выражается в подборе содержания, методов, форм процесса обучения для формирования профессионально важных качеств, знаний и умений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативно-правовые документы

1. Конституция Российской Федерации;
2. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г., № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
3. Приказ Минпросвещения России от 09.11.2018 № 196 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;
4. Концепция развития дополнительного образования в РФ (Распоряжение Правительства РФ № 1726-Р от 04.09.2014 г.);

5. Приказ Департамента образования города Москвы № 922 от 17.12.2014 «О мерах по развитию дополнительного образования детей в 2014-2015 учебном году» (с изменениями и дополнениями от 21.12.2018 г. № 482, от 31.01.2017 г. № 30, от 30.08.16 №1035, 08.09.2015 № 2074, от 07.08. 2015 г. № 1308);

6. Письмо Минобрнауки России № 09-3242 от 18.11.2015 «О направлении информации» (вместе с «Методическими рекомендациями по проектированию дополнительных общеразвивающих программ (включая разноуровневые программы)»)

7. Постановление Главного государственного врача РФ от 14 июля 2014 года № 41 «Об утверждении СанПиН 2.4.4.3172-14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей».

Список литературы, используемой при написании Программы

1. Алексеев А. П., Богатырев А. Н., Серенко В. А. Робототехника. – М.: Просвещение, 2013.
2. Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. – М.: Машиностроение, 1980.
3. Бердышев С., «Законы космоса». М., РИПОЛ КЛАССИК, 2002.
4. Борисов В.Г. Практикум начинающего радиолобителя. – М.: ДОСААФ, 1983-1984.
5. Бурдаков В.П., Данилов Ю.И. Ракеты будущего. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
6. Ванке В.А., Лесков Л.В., Лукьянов А.В. Космические энергосистемы. – М.: Машиностроение, 1990.
7. Варламов Р.Г. Мастерская радиолобителя. – М.: Радио и связь, 1983.
8. Дорожкин Н.Я. «Космос», ООО «Издательство Астрель», 2004
9. Елагин Н.А, Ростов А.В. Конструкции и технологии в помощь любителям электроники. – М.: СОЛОН- ПРЕСС, 2001 г.
10. Иванов Б.С. В помощь радиокружку (МРБ 1107). – М.: Энергия, 1982. — 128 с.
11. Исаченко И.И. Космос и экономика. – М.: мысль, 1979.

12. Кашкаров А.П. Электронные самоделки. – СПб: БХБ-Петербург, 2007.
13. Пестриков В.М. Энциклопедия радиолюбителя – СПб: Наука и техника, 2007.
14. Плотников В.В. Аппаратура радиоуправления моделями. – М.: Энергия, 1980.
15. Сборник под ред. Фортескью П., Старка Дж, и др. Разработка систем космических аппаратов. Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2015.
16. Саган К. «Космос», С-Петербург, ЗАО ТИД Амфора, 2004.
17. Сворень Р.А. Электроника шаг за шагом. – Детская литература, 1979
18. Сидоренко В. И. Введение в авиационную, ракетную, космическую и аэрокосмическую технику. – М.: ООО «Моби Март», 2016 – 176 с.
19. Стасенко А.Л. Физика полета. – М., Наука, 1988 — 144 с.
20. Справочник радиолюбителя-конструктора. – М.: Радио и связь, 1983.
21. Феодосьев В.И. Основы техники ракетного полета. – М.: Наука, 1981. Шиловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. – М.: Наука, 1976.

Список литературы для обучающихся и родителей

1. Алексеев В.А., Еременко А.А., Ткачев А.В. Космическое содружество. – М.: Машиностроение, 1986.
2. Бубнов И.Н., Каманин Л.Н. Обитаемые космические станции. – М.: ВИМО СССР, 1964
3. Бялко А.В. Наша планета - Земля. – М.: Наука. 1989.
4. Гильберг Л.А. От самолета к орбитальному комплексу. – М.: Просвещение, 1992.
5. Глазков Ю.Н. Земля над нами. – М.: Машиностроение, 1986.
6. Кротов И.В. Модели ракет. Проектирование. – М.: ДОСААФ, 1979.
7. Левантовский В.И. Механика космического полёта в элементарном изложении, 3-е изд. / В.И. Левантовский. – М.: Наука, 1980.
8. Максимов А.И. Космическая одиссея. – Н.: Наука. 1991.
9. Марков Ю. Курс на марс. - М.: Машиностроение, 1989.

10. МГТУ имени Н.Э. Баумана: Книга для абитуриентов/ под ред. Волчкевича Л.И., М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2003г.
11. Перельман Я.И. «Занимательная астрономия», – Д., ВАП, 1994.
12. Рожков В.С. Строим летающие модели. – М.: Патриот, 1990.
13. Рожков В.С. Космодром на столе. – М.: Машиностроение, 1999.
14. Сборник документальных и художественных произведений. Космос – моя работа. – М.: Профиздат, 1989.
15. Семенов Ю.П. МОК Буран. – М.: Машиностроение, 1995.
16. Федоров И.Б., Павлихин Г.П. Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана. 175 лет. – М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2005г.
17. Уманский С.П. Космонавтика сегодня и завтра. – М.: Просвещение, 1986.
18. Периодические издания (журналы):
 - «Авиация и космонавтика»;
 - «Моделист-конструктор»;
 - «Техника молодежи»;
 - «Юный техник»;
 - «Новости космонавтики»;
 - «Земля и вселенная»;
 - «Радио»;
 - «Наука и жизнь»;
 - «Аэрокосмическая техника».

Интернет-ресурсы

1. Блог космонавтов МКС [Электронный ресурс] // Сайт Госкорпорации «Роскосмос». URL: <http://www.roscosmos.ru/26004/1/> (Дата обращения: 04.05.2020).
2. Новости космоса, астрономии и космонавтики [Электронный ресурс] // Сайт AstroNews. URL: <http://www.astronews.ru/> (Дата обращения: 10.04.2020).
3. Videоканал AstroNewsRUS [Электронный ресурс] // Сайт YouTube. URL: <https://www.youtube.com/c/AstroNewsRUS/featured> (Дата обращения: 10.04.2020).

4. Журнал «Аэрокосмическое обозрение» [Электронный ресурс] // Сайт Журналы онлайн. URL: <http://jurnali-online.ru/aerokosmicheskoe-obozenie> (Дата обращения: 10.04.2020).
5. Оптические телескопы [Электронный ресурс] // Сайт «Университет без границ» Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. URL: <https://distant.msu.ru/mod/page/view.php?id=13225> (Дата обращения: 24.04.2020).
6. «Звёздный мир» Воронцов-Вельяминов Б.А. [Электронный ресурс] // Сайт «Кабинетъ - материалы по астрономии». URL: <http://astro-cabinet.ru/library/vvzm/zvezdnyy-mir.htm> (Дата обращения: 24.06.2020).
7. «Удивительная гравитация» Брагинский В.Б., Полнарев А.Г. [Электронный ресурс] // Интернет библиотека МЦНМО. URL: <http://ilib.mccme.ru/djvu/bib-kvant/gravitatsia.htm> (Дата обращения: 24.04.2020).
8. «Физика полета» Стасенко А.Л. [Электронный ресурс] // Библиотека сайта «Театр занимательной науки». URL: <http://t-zn.ru/preokean/docs/stasenko.pdf> (Дата обращения: 24.04.2020).
9. Книжная полка лаборатории радиоэлектроники и кибернетики. [Электронный ресурс] Сайт ЮМК (юный моделист – конструктор). URL: http://www.jmk-project.narod.ru/radio_lit.htm (Дата обращения: 24.01.2020).
10. Энциклопедия «Космонавтика» [Электронный ресурс] // Сайт Железнякова А. Б. URL: <http://www.cosmoworld.ru/spaceencyclopedia> (Дата обращения: 24.01.2020).
11. Журнал «Русский космос» [Электронный ресурс] Сайт Госкорпорации «Роскосмос». // URL: <https://www.roscosmos.ru/25767/> (Дата обращения: 24.05.2020).
12. Python для начинающих [Электронный ресурс] // Платформа Stepik. URL: <https://stepik.org/course/58852/promo> (Дата обращения: 04.05.2020).
13. Основы программирования на языке Python в примерах и задачах [Электронный ресурс] // Платформа Stepik. URL: <https://stepik.org/course/58638/promo> (Дата обращения: 04.05.2020).