

**Комитет по образованию администрации городского округа  
«Город Калининград»  
Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение города  
Калининграда средняя общеобразовательная школа №58**

Введена в действие приказом директора  
МАОУ СОШ №58

№ 556 от «17» 06 2025 г.

Директор  Ерохин А.В.



**Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа  
технической направленности  
«Спутникостроение»**

Возраст обучающихся: 13-16 лет

Срок реализации: 9 месяцев

**Программа разработана**  
Государственной корпорацией по  
космической деятельности Роскосмос

Фалежинский Станислав Андреевич,  
педагог дополнительного образования  
г. Калининград

г. Калининград, 2025

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### **Описание предмета, дисциплины которому посвящена программа**

Предметная область посвящена изучению основ небесной механики, движения искусственных спутников Земли, устройства космических аппаратов, их компоновки и полезной нагрузки, а также монтажу электрических компонентов и программированию микроконтроллеров, используемых в отечественном спутникостроении.

### **Раскрытие ведущих идей, на которых базируется программа**

Программа курса ориентирована на формирование у детей базовых компетенций в изучении электротехники, программирования и спутникостроения. Начиная с погружения в основы программирования на языке C++, учащиеся изучат функциональные модели спутников, их служебных систем и полезной нагрузки, начиная с архитектуры микроконтроллера, характеристик датчиков и заканчивая исполнительными системами для стабилизации аппарата в условиях космоса.

Курс пересекается с школьной программой по физике, рассматриваются понятия: электрический постоянный и переменный ток, явление индукции и ЭДС самоиндукции, полупроводники и реактивные элементы, источники питания и преобразователи напряжения.

В рамках изучения модуля ребята получают практические навыки работы с микроэлектроникой на базе микроконтроллера STM32, а также научатся решать задачи автоматизации в среде программирования Arduino IDE.

### **Описание ключевых понятий, которыми оперирует автор программы:**

*Спутник* – в небесной механике объект, обращающийся по определённой траектории (орбите) вокруг другого объекта.

*Орбита* (от лат. orbita «колея, дорога, путь») — траектория движения материальной точки в заданной системе пространственных координат для заданной конфигурации поля сил, которые на точку действуют.

*Космические скорости* (первая  $v_1$ , вторая  $v_2$ , третья  $v_3$  и четвёртая  $v_4$ ) – характерные критические скорости движения космических объектов в гравитационных полях небесных тел и их систем.

*Солнечная система* — планетная система, включающая в себя центральную звезду Солнце и все естественные космические объекты на гелиоцентрических орбитах.

*Микроконтроллер* – микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами.

*ШИМ* (*широотно-импульсная модуляция*) – процесс управления мощностью методом пульсирующего включения и выключения потребителя энергии.

*UART* (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) — узел вычислительных устройств, предназначенный для организации связи с другими цифровыми устройствами.

*I2C* – последовательная асимметричная шина для связи между интегральными схемами внутри электронных приборов. Использует две двунаправленные линии связи (SDA и SCL).

*SPI (Serial Peripheral Bus)* – это последовательный интерфейс, используемый для обмена данными между периферийными устройствами и интегральными каналами.

*Датчик влажности и температуры воздуха* – датчик, предназначенный для преобразования относительной влажности и температуры в аналоговый или цифровой сигнал.

*Маховик (маховое колесо)* — массивное вращающееся колесо, используемое в качестве накопителя (инерционный аккумулятор) кинетической энергии или для создания инерционного момента, как это используется на космических аппаратах.

*Пьезоизлучатель* – электроакустическое устройство, способное воспроизводить звук, либо излучать ультразвук, благодаря обратному пьезоэлектрическому эффекту.

*Потенциометр* – это регулируемый делитель напряжения, которые предназначены для регулирования напряжения при неизменной величине тока, и выполненные по типу переменного резистора.

*Светодиод* – полупроводниковый прибор, преобразующий электрический ток непосредственно в световое излучение.

*Сервопривод* – механический привод с автоматической коррекцией состояния через внутреннюю отрицательную обратную связь, в соответствии с параметрами, заданными извне.

*Стабилизатор напряжения* – электромеханическое или электрическое (электронное) устройство, имеющее вход и выход по напряжению, предназначенное для поддержания выходного напряжения в узких пределах, при существенном изменении входного напряжения и выходного тока нагрузки.

*Стабилитрон, или диод Зенера* – полупроводниковый диод, работающий при обратном смещении в режиме пробоя. До наступления пробоя через стабилитрон протекают незначительные токи утечки, а его сопротивление весьма высоко.

*Транзистор* – электронный компонент из полупроводникового материала, способный небольшим входным сигналом управлять значительным током в выходной цепи, что позволяет использовать его для усиления, генерирования, коммутации и преобразования электрических сигналов.

*Фоторезистор* – полупроводниковый прибор, изменяющий величину своего сопротивления при облучении светом.

*Bluetooth* – это беспроводная персональная сеть передачи данных, которая используется для сопряжения устройств, оснащенных специальными модулями.

### **Направленность программы**

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Спутникостроение» имеет техническую направленность.

### **Уровень освоения программы**

Уровень освоения программы – базовый.

### **Актуальность образовательной программы**

Актуальность данной программы определяется запросом со стороны аэрокосмической отрасли Российской Федерации на подобные программы, которые призваны воспитывать в учащих патриотизм и любовь к инженерно-техническому творчеству.

Данная программа предполагает изучение архитектуры современных космических аппаратов. Ребята научатся осуществлять компоновку и подбирать полезную нагрузку для спутников. Программа включает основы программирования служебных систем и базовые знания по схемотехнике и радиоэлектронике.

### **Педагогическая целесообразность образовательной программы**

В результате обучения по представленной программе учащиеся расширят свои знания в области истории и архитектуры космических аппаратов, электроники и сетевых технологий, научатся моделировать электрические цепи, программировать микроконтроллеры, автоматизировать анализ данных и использовать беспроводные технологии для управления датчиками и исполнителями системы.

По завершении обучения у школьников будет сформирована база знаний, достаточная для продолжения изучения теплоизоляционных материалов, механических конструкций, радиосвязи и оптики для организации проектной деятельности, а также участия в профильных конкурсах и олимпиадах. Прикладная направленность курса заложит фундамент для их дальнейшей профориентации.

### **Практическая значимость образовательной программы**

Практическая значимость программы заключается в реализации практико-ориентированного подхода, который способствует получению качественных базовых знаний, умений и навыков в области микроэлектроники, электротехники, физики, программирования, математики, геометрии, технологии, и как следствие, профориентации детей при дальнейшем поступлении в профессиональные и высшие учебные заведения.

Обучающиеся получают знания, умения и навыки в области социального взаимодействия, самоопределения и самореализации, что способствует социализации всех групп обучающихся.

### **Принципы отбора содержания образовательной программы.**

Принципы отбора содержания (образовательный процесс построен с учетом уникальности и неповторимости каждого ребенка и направлен на максимальное развитие его способностей):

- принцип единства развития, обучения и воспитания;
- принцип систематичности и последовательности;
- принцип доступности;

- принцип наглядности;
- принцип взаимодействия и сотрудничества;
- принцип комплексного подхода;
- принцип природосообразности и культуросообразности;
- принцип гуманизма.

### **Отличительные особенности программы**

Программа курса состоит из 4 разделов, изучение которых позволит учащимся поэтапно сформировать школьные команды в форме конструкторского бюро для дальнейшей проектной деятельности по проектированию спутника:

- Основы программирования C++
- Основы электротехники и автоматизации спутника на базе микроконтроллера STM32

- Ориентация спутника в магнитном поле

- Электропитание спутника

### **Цель образовательной программы**

Сформировать у учащихся устойчивый интерес к инженерно-техническому направлению в одной из наиболее сложных и наукоемких отраслей – ракетно-космической промышленности.

### **Задачи образовательной программы**

*Обучающие:*

- формирование устойчивого интереса тематикой освоения космоса: от первых спутников и ракет до современных космических миссий;
- усвоение новой терминологии;
- формирование представления о методах научного познания (как учёные исследуют космос, делают открытия, предсказывают явления, выдвигают и подтверждают гипотезы)
- сформировать навыки проектирования и монтажа электрических схем, как на макетной плате, так и с помощью пайки;
- обучить основам программирования микроконтроллера на Arduino C/C++;
- познакомить с характеристиками и принципом работы датчиков и исполнительных устройств;
- научить пользоваться измерительными приборами (амперметр, вольтметр);
- развить навыки решения задач автоматизации с помощью микроконтроллеров, датчиков, исполнительных устройств и беспроводных технологий передачи данных;
- познакомить с основами электротехники: постоянным и переменным током, магнитным полем, полупроводниками и реактивными элементами цепи;

*Развивающие:*

- развить коммуникативные компетенции в общении и сотрудничестве со сверстниками и взрослыми в процессе образовательной и соревновательной

деятельности;

- расширить навыки самообразования на основе мотивации к познанию и творчеству;
- развить алгоритмическое, математическое и конструкторское мышление.
- развить стремления к исследовательской деятельности;
- формировать у учащихся умений и навыков самостоятельного добывания экспериментальных фактов, и их интерпретации;
- развить умения работать в коллективе, включаться в активную беседу по обсуждению увиденного, прослушанного, прочитанного; и развитие навыков абстрактного мышления;
- развить интеллектуальных способностей в процессе выполнения поставленных задач;

*Воспитательные:*

- формировать уважительное отношение к совместной проектной работе, товарищам по команде, вкладу каждого участника в достижении общей цели;
- привить понятие бережного отношения к оборудованию;
- поддерживать знания в области техники безопасности по работе с высоким напряжением и рабочим инструментом (паяльная станция)
- раскрыть творческий потенциал школьников с дальнейшей ориентацией на участие в соревнованиях разного уровня.

**Психолого-педагогические характеристики обучающихся, участвующих в реализации образовательной программы.**

Программа «Спутникостроение» предназначена для детей в возрасте 13-15 лет (7-9 классы).

**Особенности организации образовательного процесса**

К отличительным особенностям настоящей программы относятся кейсовая система обучения, которая построена по принципу «от простого к сложному и ориентирована на знакомство с космической отраслью и получение базовых знаний и компетенций в сфере микроэлектроники, электротехники, которые могут быть реализованы через проектную деятельность обучаемого, участие в профильных олимпиадах и конференциях.

**Формы обучения по образовательной программе**

Реализация данной программы предполагает следующие формы обучения – очную и при необходимости дистанционную.

При реализации дистанционного обучения педагог может использовать платформы для обмена текстовыми сообщениями и организации VoIP конференций Сферум.

Дистанционный формат может быть организован в случае введения карантинных мер или длительного отсутствия учащегося по причине болезни (с согласия родителей). При этом обучение сопровождается видеозаписями уроков, опорным конспектом, ссылками на образовательные ресурсы, тестами и практическими заданиями, проверка и демонстрация решения которых может быть частично (задания без привязки к оборудованию) реализована

учителем в онлайн формате групповой видеосвязи. При этом педагогу следует предложить такие формы работы и виды деятельности, с которыми ребенок может справиться самостоятельно.

Занятия проходят в форме интерактивных проблемных лекций, практикумов, воркшопов и самостоятельных работ, на которых учащиеся применяют полученные знания.

Практическую и проектную работу с микроконтроллером, датчиками и исполнительными устройствами рекомендуется организовывать в группах по 2-3 человека с четким распределением обязанностей в зависимости от способностей и интересов учащихся: проектирование, сборка и пайка электрической схемы, программирование микроконтроллера, создание графического интерфейса. Каждый участник группы должен осознавать свою роль и значимость.

### **Режим занятий, периодичность и продолжительность занятий**

Общее количество часов на изучение курса – 72 часа в течение учебного года. Продолжительность занятий исчисляется в академических часах – 40 минут. Недельная нагрузка на одну группу: 2 часа. Занятия проводятся 1 раз в неделю по 2 академических часа.

### **Объем и срок освоения образовательной программы**

Срок освоения программы – 9 месяцев. На полное освоение программы требуется 72 часа, включая индивидуальные консультации. Проектная деятельность учащихся по направлению изучаемого профиля может осуществляться в дополнительное внеурочное время в формате школьной лаборатории в соответствии с согласованным расписанием.

### **Основные методы обучения**

При организации обучения используется дифференцированный, индивидуальный подход.

На занятиях используются следующие педагогические технологии: кейс-технология, междисциплинарного обучения, проблемного обучения, развития критического мышления, здоровьесберегающая, информационно-коммуникационные технологии и электронные средства обучения, игровая, проектная, исследовательская.

Образовательная программа содержит теоретическую и практическую подготовку, большее количество времени уделяется выработке практических навыков.

Кроме традиционных методов используются:

- эвристический метод;
- исследовательский метод, самостоятельная работа;
- диалог и дискуссия;
- приемы дифференцированного обучения, обеспечивающие обучение каждого обучающегося на уровне его возможностей и способностей.

Основным методом организации учебной деятельности по программе является метод кейсов. Кейс – описание проблемной ситуации понятной и близкой обучающимся, решение которой требует всестороннего изучения, поиска дополнительной информации и моделирования ситуации или объекта,

с выбором наиболее подходящего. Кейс-метод позволяет подготовить детей к решению практических задач современного общества. Кейс использует погружение в проблему как способ осознания активного участия в ситуации: у кейса есть главный герой, на место которого ставит себя команда и решает проблему от его лица. Акцент при обучении делается не на овладение готовым знанием, а на его выработку. Кейс-метод позволяет совершенствовать универсальные навыки (soft-компетенции), которые оказываются крайне необходимы в реальном рабочем процессе.

### **Планируемые результаты**

#### **Метапредметные:**

- смогут использовать коммуникационные технологии в учебе и повседневной жизни;
- смогут овладеть основными универсальными умениями информационного характера, такими как: постановка и формулировка проблемы, выбор наиболее эффективных способов решения задач в зависимости от конкретных условий, самостоятельное создание алгоритмов деятельности при решении проблем творческого и поискового характера;
- будут демонстрировать результаты совместной исследовательской и проектной деятельности.

#### **Предметные:**

Будут знать:

- основные законы физики для расчета электрических цепей постоянного и переменного тока, работы с магнитным полем, источниками питания, полупроводниками и реактивными элементами, закон сохранения момента импульса и др.;
- архитектуру космических аппаратов;
- возможности и области применения микроконтроллеров;
- принципы работы и схемы подключения датчиков, исполнительных устройств и других полупроводниковых приборов;
- синтаксис и конструкции языка программирования Arduino C/C++;
- алгоритмы стабилизации и ориентации спутника с помощью маховика и электромагнитного поля;
- протоколы и каналы беспроводной связи, интерфейсы подключения компонентов;
- способы организации питания служебных систем спутника;
- основы автоматизации систем управления, принцип PID регулирования.

Будут уметь:

- выполнять расчет узлов и подборку характеристик компонентов электрических цепей;
- разрабатывать программы для решения задач стабилизации и ориентации спутника;
- осуществлять сборку электрических схем на макетной плате и в среде моделирования с использованием датчиков, исполнительных устройств, полупроводниковых приборов;

- пользоваться инструментами: измерительные приборы, паяльник;
- программировать микроконтроллер с использованием переменных, линейных, условных и циклических конструкций, функций, процедур и массивов для решения поставленных задач;
- организовывать вывод данных с датчиков в монитор порта, создавать интерфейс управления исполнительными устройствами;
- выполнять сборку понижающего преобразователя (стабилизатора) напряжения;
- собирать систему электропитания служебных систем спутника.

#### **Личностные:**

- готовность и способность к саморазвитию и самообразованию на основе мотивации к обучению и познанию;
- постепенное выстраивание собственной целостной картины мира;
- научатся взаимодействовать и сотрудничать со сверстниками и взрослыми в процессе образовательной, проектной и соревновательной деятельности;
- научатся уважать мнение товарищей при совместной работе над проектами, ценить вклад каждого участника в достижение общей цели;
- научатся осознанно относиться к соблюдению правил техники безопасности при работе с высоким напряжением и рабочим инструментом (паяльная станция) как основе ответственного отношения к своему здоровью и здоровью окружающих.

#### **Механизм оценивания образовательных результатов**

##### **1. Уровень теоретических знаний.**

- Низкий уровень. Обучающийся знает фрагментарно изученный материал. Изложение материала сбивчивое, требующее корректировки наводящими вопросами.

- Средний уровень. Учащиеся проявляют достаточный уровень интереса к изучаемым темам, демонстрируют хорошее знание материала, владеют терминологией и в основном могут её использовать при описании рассмотренных технических решений. Могут формулировать собственные технические решения с небольшим количеством ошибок. Обоснование технических решений и области применения не всегда аргументировано. Обучающийся знает изученный материал, но для полного раскрытия темы требуются дополнительные вопросы.

- Высокий уровень. Учащиеся проявляют высокий уровень интереса к изучаемым темам, демонстрируют отличное знание материала, владеют терминологией и могут правильно ее использовать при описании рассмотренных технических решений. Могут грамотно формулировать собственные технические решения и предлагать области их применения.

##### **2. Уровень практических навыков и умений.**

- Низкий уровень. Не способен довести сборку или алгоритм работы до конца, затрудняется в решении задач на применение законов физики при расчете компонентов электрической цепи, выполняет практические задания только под контролем педагога.

- Средний уровень. Требуется периодическое исправление собранных электрических схем и кода программы при работе с датчиками и исполнительными устройствами.

- Высокий уровень. Четко и безопасно работает с оборудованием, самостоятельно решает поставленные задачи.

### **Формы подведения итогов реализации образовательной программы**

Текущий контроль осуществляется в процессе обучения, как результат самостоятельной работы на уроке, решении поставленных задач и выполнении практических работ при изучении каждого раздела курса.

Итоговая аттестация проводится в конце обучения (май месяц) в виде решения смоделированных практических и теоретических задач на применение полученных знаний. Рекомендуются организация участия мотивированных детей в региональных конкурсах по направлениям, соответствующим содержанию курса.

### **Организационно-педагогические условия реализации образовательной программы**

Научно-методическое обеспечение реализации программы организовано при поддержке государственной корпорации по космической деятельности Роскосмос и направлено на обеспечение широкого, постоянного и устойчивого доступа для всех участников образовательного процесса к любой информации, связанной с реализацией общеразвивающей программы, планируемыми результатами, организацией образовательного процесса и условиями его осуществления.

Социально-психологические условия реализации образовательной программы обеспечивают:

– учет специфики возрастного психофизического развития обучающихся. Сложный материал, опережающий школьную программу, изучается в упрощенной форме, по уровням сложности, в соответствии с возможностями учащихся;

– вариативность направлений сопровождения участников образовательного процесса (сохранение и укрепление психологического здоровья обучающихся);

– формирование ценности здоровья и безопасного образа жизни; дифференциация и индивидуализация обучения; мониторинг возможностей и способностей обучающихся, выявление и поддержка одаренных детей, детей с ограниченными возможностями здоровья;

– формирование коммуникативных навыков в разновозрастной среде и среде сверстников.

### **Материально-технические условия**

Ноутбуки на базе ОС Windows 16 шт.

Проекторное оборудование (интерактивная доска, экран) – 1 шт.

Мультиметр – 5 шт.

Конструктор спутника Introsat базовый – 5шт (из расчета 1 комплект на 3 учащихся).

Расширение конструктора Introsat «Магнетизм» - для испытания спутников в магнитном поле.

Расширение конструктора Introsat «Электропитание спутника» - для организации системы питания служебных систем спутника.

Дополнительные элементы питания 18650 – 5шт.

Зарядное устройство для аккумуляторов 18650 – 1шт.

Программное обеспечение: Arduino IDE, LTspice, STM32 Cube Programmer.

Организация рабочего пространства ребенка осуществляется в рабочих зонах класса с учетом достаточного места для групповой и индивидуальной работы с образовательными наборами. Каждое рабочее место оснащено ноутбуком и всеми необходимыми для безопасной работы инструментами.

**Кабинет, соответствующий санитарным нормам СанПин.**

Пространственно-предметная среда (стенды, наглядные пособия и др.).

**Кадровые условия реализации программы**

Педагог дополнительного образования, реализующий данную программу, должен иметь высшее профессиональное образование или среднее профессиональное образование в области, соответствующей профилю кружка, без предъявления требований к стажу работы, либо высшее профессиональное образование или среднее профессиональное образование и дополнительное профессиональное образование по направлению «Образование и педагогика» без предъявления требований к стажу работы.

**Оценочные и методические материалы**

Вся оценочная система делится на три уровня сложности:

1. Обучающийся может ответить на общие вопросы по большинству тем, с помощью педагога может построить и объяснить принцип работы предлагаемого оборудования.

2. Обучающийся отвечает на все вопросы, поднимаемые за период обучения. Может самостоятельно построить и объяснить принцип действия и особенности оборудования.

3. Обучающийся отвечает на все вопросы, поднимаемые за период обучения. Может самостоятельно построить и объяснить принцип действия и особенности оборудования. Но, располагает сведениями сверх программы, проявляет интерес к теме. Проявил инициативу при выполнении конкурсной работы или проекта. Вносил предложения, имеющие смысл. Кроме того, весь курс делится на разделы.

Успехи обучающегося оцениваются так же и по разделам:

- теория;
- практика;
- конструкторская и рационализаторская часть.

**Методическое обеспечение**

Обеспечение программы предусматривает наличие следующих методических видов продукции:

– электронные учебники по электротехнике и методические пособия от Introsat;

- видеоролики;
- информационные материалы на сайте, посвященном данной дополнительной общеобразовательной программе;
- мультимедийные интерактивные домашние работы, выдаваемые обучающимся на каждом занятии.

## СОДЕРЖАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### Раздел 1. Основы программирования C++

В содержании раздела ребята познакомятся с языком программирования C++, применят на практике условные и циклические конструкции, рассмотрят типы и структуры данных, научатся создавать функции и узнают, что такое ООП (объектно-ориентированное программирование).

**Занятие 1-7.** Первая программа, арифметические выражения. Переменные. Типы данных. Целочисленная арифметика. Условные конструкции с полным и не полным ветвлением. Составные условия. Цикл while. Цикл for. Понятие массив. Инициализация, заполнение и чтение элементов массива. Указатели. Символы и строки. Функции. Глобальные и локальные переменные. Введение в ООП (объектно-ориентированное программирование). Понятия: объект, класс.

**Теория.** Арифметические выражения. Переменные. Обзор и сравнительный анализ типов данных. Методы ввода и вывода данных. Операции целочисленного деления. Условные конструкции с полным и не полным ветвлением. Операторы сравнения ==, <, >, <=, >=. Составные условия, связки or (||), and (&&), not (!). Цикл с условием while. Цикл с счетчиком for. Массив и его свойства. Указатели и их назначение. Символьный и строковый типы данных. Виды и назначение функций. Область видимости переменной. Что такое ООП и для чего оно нужно?

**Практика.** Организация ввода и вывода данных. Автоматизация арифметических вычислений. Обзор и сравнительный анализ типов данных на примерах разработки программ. Решение задач на применение операций целочисленного деления. Разработка программ на применение условных конструкций с полным и неполным ветвлением. Разработка программ с использованием составных условий. Вывод чисел в заданном диапазоне с помощью цикла while. Реализация циклических алгоритмов с условием и с параметром. Объявление, заполнение и перебор элементов массива. Инициализация указателей. Объявление, конкатенация и сравнение строк – примеры программ. Алгоритмы обработки символьных данных. Создание функций. Создание и вызов классов, объектов класса

#### **Текущий контроль.**

Демонстрация учащимися знаний и практических навыков решения практических задач на языке C++.

### Раздел 2. Основы электротехники и автоматизации спутника на базе микроконтроллера STM32

Содержание раздела знакомит ребят с формулами расчета параметров электрических цепей, архитектурой микроконтроллерной электроники, алгоритмами автоматики и основами программирования в

среде Arduino IDE на примере решения задач ориентации и стабилизации космического аппарата по источнику света с использованием маховика. Ребята соберут спутник типа CubeSat 1U и решат цикл лабораторных работ по программированию аппарата.

**Занятие 8-20.** Электрический ток. Закон Ома для участка цепи. Полупроводники и диэлектрики. Цепи с последовательным соединением полупроводников. Цепи с параллельным соединением полупроводников. Что такое микроконтроллер? Среда Arduino IDE. Структура программы. Материнская плата спутника, модуль питания. Прерывания. Цифровые пины микроконтроллера. Макетная плата. Широтно-импульсная модуляция. Монитор порта. Интерфейс UART. AT команды для прошивки Bluetooth. Делитель напряжения. Потенциометр. Аналогово-цифровой преобразователь. Изменение яркости светодиода с помощью потенциометра. Кнопка. Подключение кнопки. Подтягивающий резистор. Проверка условий. Обрабатываем нажатие кнопки. Борьба с дребезгом контактов кнопки. Подсчет количества нажатий кнопки. Интерфейс I2C. Сканер I2C. Датчики освещенности. Сборка стенда солнечной батареи. Шаговый мотор. Ориентация солнечной батареи по источнику света. Датчик позиционирования. Принцип стабилизации спутника. Закон сохранения момента импульса. Маховик. Исследование стабилизации спутника с использованием двигателя-маховика электромагнитными системами. PID регуляторы. Программирование ориентации спутника на максимальный источник света с помощью маховика.

**Теория.** Техника безопасности при работе с электрическим током. Что такое электрический ток. Закон Ома для последовательной и параллельной электрической цепи. Полупроводники и диэлектрики на примерах. Правила использования мультиметра. Что такое микроконтроллер и где он применяется? Структура программы в среде Arduino IDE. Микроконтроллер STM32, назначение пинов и что такое pinout. Электронные компоненты базового конструктора Introsat. Прерывания в Arduino IDE: delay() и millis() в чем разница? Что такое ШИМ и как это работает? Возможности монитора порта, функции Serial.begin(), Serial.print() и Serial.read(). Что такое интерфейс UART? AT-команды Bluetooth. Делитель напряжения, как это работает. Потенциометр. Аналогово-цифровой преобразователь. Что такое подтягивающий резистор. Дребезг кнопки. Интерфейс I2C. Шаговый мотор. Солнечная батарея в космосе. Алгоритм ориентации спутника по источнику света. Алгоритм стабилизации спутника с помощью маховика. Закон сохранения момента импульса. Что такое PID регулятор и как его настроить?

**Практика.** Моделирование электрической цепи с использованием условных обозначений. Сборка цепи на макетной плате. Измерение и

расчет напряжения, сопротивления и силы тока в цепях с последовательным соединением. Подключение вольтметра и амперметра. Расчет нагрузки в цепи постоянного тока. Расчет нагрузки для подключения светодиода. Установка микроконтроллера и модуля питания на материнскую плату спутника. Подключение микроконтроллера к компьютеру с помощью программатора ST-LINK. Скетч «Blink» - моргаем встроенным светодиодом. Подключение группы светодиодов на макетной плате. Разработка программы «Бегущие огни», «SOS». Плавное изменение яркости светодиода. Подключение и прошивка модулей Bluetooth (slave и master). Загрузка скетча по Bluetooth -создание «bootloader». Сборка схемы подключения потенциометра к микроконтроллеру на макетной плате. Расчет делителя напряжения. Считывание данных и вывод их в монитор порта. Разработка скетча «Изменение яркости светодиода с помощью потенциометра». Подключение кнопки на макетной плате. Разработка скетча «Включение светодиода с помощью кнопки». Разработка скетча «Подсчет количества нажатий кнопки». Подключение датчиков освещенности к шине I2C. Сканирование адресов подключенных устройств. Считывание данных с датчиков освещенности. Сборка стенда солнечной батареи на базе спутника Introsat 1U. Программирование угла поворота солнечной батареи. Программирование угла поворота по показаниям датчиков освещенности. Измерение угловой скорости вращения спутника. Подключение маховика. Программирование скорости и направления вращения маховика спутника. Программирование алгоритма стабилизации спутника. Подбор PID регуляторов. Разбор алгоритма. Программирование ориентации спутника на максимальный источник света с помощью маховика.

### ***Текущий контроль.***

Демонстрация учащимися знаний и практических навыков программирования спутника на решение задач стабилизации и ориентации спутника по источнику света с помощью шагового мотора и маховика. Выполнение лабораторных работ по программированию микроконтроллера на получение данных с датчиков и управление исполнительными устройствами.

### **Раздел 3. Ориентация спутника в магнитном поле**

В содержании раздела ребята познакомятся с алгоритмом стабилизации спутника в магнитном поле и проведут ряд экспериментов с использованием колец Гельмгольца, рассмотрят алгоритмы разгрузки маховика космического аппарата.

**Занятие 21-25.** Сборка испытательного стенда. Магнитное поле. Кольца Гельмгольца. Сила Ампера. Правило левой руки. Построение карты магнитного поля. Расчет катушек спутника. Магнитометр.

Определение угла поворота спутника, относительно линий магнитной индукции. Управление катушками спутника в магнитном поле Гельмгольца. Исследование методов стабилизации спутника в магнитном поле.

**Теория.** Магнитное поле. Принцип работы установки «Кольца Гельмгольца». Сила Ампера. Правило левой руки. Момент сил, действующий на катушки спутника. Момент вращения и момент сопротивления подвеса спутника. Что такое магнитометр и что он измеряет? Алгоритмы разгрузки маховика с помощью магнитного поля. Алгоритм  $B \cdot \dot{\varphi}$ .

**Практика.** Установка электромагнитов на спутник. Сборка колец Гельмгольца. Проверка установки компасом. Визуализация силовых линий магнитного поля в кольцах Гельмгольца. Магнитная индукция, создаваемая кольцами Гельмгольца. Момент сил, действующий на катушки спутника. Момент вращения. Момент сопротивления подвеса. Определение угла поворота спутника относительно линий магнитной индукции. Поворот спутника под действием магнитного поля. Ручное переключение катушек спутника. Автоматическое переключение катушек с помощью магнитометра. Разгрузка маховика с помощью магнитного поля.

#### **Текущий контроль.**

Демонстрация учащимися знаний и практических навыков программирования спутника на решение задач стабилизации спутника в магнитном поле колец Гельмгольца.

### **Раздел 4. Электропитание спутника**

Раздел посвящен изучению полупроводниковых и реактивных элементов электрической цепи. Ребята познакомятся с переменным электрическим током, на практике изучат явление самоиндукции ЭДС, соберут понижающий преобразователь напряжения (стабилизатор), научатся моделировать и исследовать электрические цепи в среде LTspice, и в заключении на основе полученных знаний соберут систему электропитания служебных систем спутника от солнечных батарей.

**Занятия 26-36.** Законы Кирхгофа. Понятие ЭДС. Внутреннее сопротивление источника питания. Реактивные компоненты. Конденсатор. Реактивные компоненты. Переменный ток. Катушка индуктивности. Электромагнитная индукция. ЭДС самоиндукции. Колебательный контур. Полупроводники: диод – зоны проводимости (p и n). Транзисторы, виды и принцип работы. Электронный ключ с использованием транзистора. Выпрямитель. Среда моделирования LTspice. Преобразователи напряжения. Стабилитрон. Линейный стабилизатор напряжения. Импульсный преобразователь напряжения. Сборка платы распределения питания спутника. Повышающий преобразователь. Работа с источником света и солнечной батареи. Работа с платой электропитания в составе

Introsat. Проверка питания служебных систем. Плата симуляции альтернативного источника энергии спутника.

**Теория.** Законы Кирхгофа. Понятие ЭДС. Внутреннее сопротивление источника питания, как его измерить и нужно ли учитывать? Реактивные компоненты: конденсатор и катушка. Электромагнитная индукция. ЭДС самоиндукции. Колебательный контур. Как работают полупроводники, какие бывают и где применяются? Виды преобразователей напряжения. Для чего используется стабилитрон?

**Практика.** Вычисление токов в ветвях электрической цепи. Построение направления токов на схеме. Эксперименты с подключением конденсатора в электрическую цепь. Борьба с дребезгом контактов с помощью конденсатора. Измерение ЭДС самоиндукции катушки. Область применения колебательного контура. Виды, область применения и принцип работы транзистора. Сборка электронного ключа на транзисторе. Сборка схемы мультивибратора на макетной плате. Моделирование и исследование характеристик выпрямителя на диоде и делителя напряжения. Анализ графиков. Регулятор напряжения на стабилитроне. Выбор и расчет стабилитрона. Сборка схемы и измерение выходных характеристик. Расчет номиналов сопротивлений в схеме стабилизатора. Сборка схемы и измерение выходных характеристик. Организация на выходе 3.3В, 5В, 9В для питания служебных систем. Измерение напряжения и расчет силы тока. Сравнительный анализ линейного и импульсного преобразователей напряжения. Коммутация солнечных батарей. Измерение тока заряда аккумулятора. Тестирование питания служебных систем: плата заряда аккумулятора, маховик, микроконтроллер. Подключение и прошивка платы спутника. Измерение напряжения и расчет силы тока на входах служебных систем в зависимости от освещенности солнечных батарей. Сборка спутника формата 3U. Подключение служебных систем к линиям питания. Испытание систем электропитания служебных систем.

#### **Текущий контроль.**

Демонстрация учащимися знаний и практических навыков сборки электрических схем преобразователей, стабилизаторов напряжения, а также решение задач организации электропитания служебных систем спутника возобновляемыми источниками энергии.

## УЧЕБНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Тема занятий	Количество часов			Самостоятельная работа	Формы контроля
		всего	теория	практика		
<b>Раздел 1. Основы программирования C++</b>						
1	Первая программа, арифметические выражения. Переменные. Типы данных	1	0.5	0.5	Ввод и вывод данных. Автоматизация арифметических вычислений. Обзор и сравнительный анализ типов данных на примерах разработки программ	Устный опрос. Практическая работа
	Целочисленная арифметика	1	0.5	0.5	Операции целочисленного деления. Решение задач	Устный опрос. Практическая работа
2	Условные конструкции с полным и не полным ветвлением.	1	0.5	0.5	Программирование условий с полным и неполным ветвлением	Устный опрос. Практическая работа
	Составные условия	1	0.5	0.5	Разработка программ с использованием составных условий	Устный опрос. Практическая работа
3	Цикл while	1	0.5	0.5	Вывод чисел в заданном диапазоне. Реализация циклических алгоритмов с предусловием и постусловием	Устный опрос. Практическая работа
	Цикл for	1	0.5	0.5	Реализация программ с использованием цикла for	Устный опрос. Практическая работа
4	Понятие массив. Инициализация, заполнение и чтение элементов массива	1	0.5	0.5	Объявление, заполнение и перебор элементов массива	Устный опрос. Практическая работа
	Указатели	1	0.5	0.5	Инициализация указателей	Устный опрос. Практическая работа
5	Символы и строки	2	0.5	0.5	Объявление, конкатенация и сравнение строк	Устный опрос. Практическая работа
			1	-	Алгоритмы обработки символьных данных	Устный опрос Практическая работа
6	Функции	1	0.5	0.5	Создание функций	Устный опрос Практическая работа
	Глобальные и локальные переменные	1	0.5	0.5	Сравнительный анализ глобальных и локальных переменных при работе с функциями	Устный опрос Практическая работа

7	Введение в ООП (объектно-ориентированное программирование). Понятия: объект, класс	2	1	1	Создание и вызов классов, объектов класса	Устный опрос Практическая работа
<b>Раздел 2. Основы электротехники и автоматизации спутника на базе микроконтроллера STM32</b>						
8	Электрический ток. Закон Ома для участка цепи. Полупроводники и диэлектрики. Цепи с последовательным соединением полупроводников.	1	0.5	0.5	Правила техники безопасности при работе с электрическим током. Моделирование электрической цепи с использованием условных обозначений. Сборка цепи на макетной плате. Измерение и расчет напряжения, сопротивления и силы тока в цепях с последовательным соединением	Решение задач. Практическая работа
	Цепи с параллельным соединением полупроводников	1	0.5	0.5	Подключение вольтметра и амперметра. Расчет нагрузки в цепи постоянного тока. Расчет нагрузки для подключения светодиода	Решение задач. Практическая работа
9	Что такое микроконтроллер? Среда Arduino IDE. Структура программы. Материнская плата спутника, модуль питания.	1	0.5	0.5	Установка микроконтроллера и модуля питания на материнскую плату спутника. Подключение микроконтроллера к компьютеру с помощью программатора ST-LINK. Скетч «Blink» - моргаем встроенным светодиодом	Устный опрос Практическая работа
	Прерывания. Цифровые пины микроконтроллера. Макетная плата	1	-	1	Подключение группы светодиодов на макетной плате. Разработка программы «Бегущие огни», «SOS»	Практическая работа
10	Широтно-импульсная модуляция	1	0.5	0.5	Плавное изменение яркости светодиода	Устный опрос Практическая работа
	Монитор порта. Интерфейс UART. AT команды для прошивки Bluetooth	1	0.5	0.5	Подключение и прошивка модулей Bluetooth (slave и master). Загрузка скетча по Bluetooth - создание «bootloader»	Устный опрос Практическая работа
11	Делитель напряжения. Потенциометр. Аналогово-цифровой преобразователь	1	1	-	Сборка схемы подключения потенциометра к микроконтроллеру на макетной плате. Расчет делителя напряжения	Решение задач. Практическая работа
	Изменение яркости светодиода с помощью потенциометра.	1	-	1	Считывание данных и вывод их в монитор порта. Разработка скетча «Изменение яркости светодиода с помощью потенциометра».	Практическая работа

12	Кнопка. Подключение кнопки. Подтягивающий резистор. Проверка условий. Обрабатываем нажатие кнопки	1	0.5	0.5	Подключение кнопки на макетной плате. Разработка скетча «Включение светодиода с помощью кнопки»	Устный опрос. Практическая работа
	Борьба с дребезгом контактов кнопки. Подсчет количества нажатий кнопки	1	-	1	Разработка скетча «Подсчет количества нажатий кнопки»	Практическая работа
13	Интерфейс I2C. Сканер I2C	1	0.5	0.5	Подключение датчиков освещенности к шине I2C. Сканирование адресов подключенных устройств	Устный опрос Практическая работа
	Датчики освещенности	1	-	1	Считывание данных с датчиков освещенности	Практическая работа
14	Сборка стенда солнечной батареи	1	-	1	Сборка стенда солнечной батареи на базе спутника Introsat 1U	Практическая работа
	Шаговый мотор	1	0.5	0.5	Программирование угла поворота солнечной батареи	Устный опрос Практическая работа
15	Ориентация солнечной батареи по источнику света	2	-	2	Программирование угла поворота по показаниям датчиков освещенности	Устный опрос Практическая работа
16	Датчик позиционирования	1	0.5	0.5	Измерение угловой скорости вращения спутника	Устный опрос Практическая работа
	Принцип стабилизации спутника. Закон сохранения момента импульса. Маховик	1	0.5	0.5	Подключение маховика. Программирование скорости и направления вращения маховика спутника	Устный опрос Практическая работа
17-18	Исследование стабилизации спутника с использованием двигателя-маховика электромагнитными системами. PID регуляторы	4	1	3	Программирование алгоритма стабилизации спутника. Подбор PID регуляторов	Устный опрос Практическая работа
19-20	Программирование ориентации спутника на максимальный источник света с помощью маховика	4	1	3	Разбор алгоритма. Программирование ориентации спутника на максимальный источник света с помощью маховика	Устный опрос Практическая работа
<b>Раздел 3. Ориентация спутника в магнитном поле</b>						
21	Сборка испытательного стенда. Магнитное поле. Кольца Гельмгольца. Сила Ампера. Правило левой руки	2	0.5	1.5	Установка электромагнитов на спутник. Сборка колец Гельмгольца. Проверка установки компасом.	Устный опрос Практическая работа
	Построение карты магнитного поля	1	-	1	Визуализация силовых линий магнитного поля в кольцах Гельмгольца	Практическая работа
22	Расчет катушек спутника	1	1	1	Магнитная индукция, создаваемая кольцами Гельмгольца. Момент сил, действующий на	Решение задач

					катушки спутника. Момент вращения. Момент сопротивления подвеса	
	Магнитометр. Определение угла поворота спутника, относительно линий магнитной индукции	1	0.5	0.5	Определение угла поворота спутника относительно линий магнитной индукции. Поворот спутника под действием магнитного поля.	Устный опрос. Практическая работа
23	Управление катушками спутника в магнитном поле Гельмгольца	2	-	2	Ручное переключение катушек спутника. Автоматическое переключение катушек с помощью магнитометра	Практическая работа
24-25	Исследование методов стабилизации спутника в магнитном поле	4	1	3	Алгоритмы разгрузки маховика с помощью магнитного поля. Алгоритм B-dot	Практическая работа
<b>Раздел 4. Электропитание спутника</b>						
26	Законы Кирхгофа. Понятие ЭДС. Внутреннее сопротивление источника питания	2	2	-	Вычисление токов в ветвях электрической цепи. Построение направления токов на схеме.	Решение задач
27	Реактивные компоненты. Конденсатор	1	0.5	0.5	Эксперименты с подключением конденсатора в электрическую цепь. Борьба с дребезгом контактов с помощью конденсатора	Опрос. Практическая работа
	Реактивные компоненты. Переменный ток. Катушка индуктивности. Электромагнитная индукция. ЭДС самоиндукции. Колебательный контур	1	0.5	0.5	Измерение ЭДС самоиндукции катушки. Область применения колебательного контура.	Опрос. Практическая работа
28	Полупроводники: диод – зоны проводимости (р и n). Транзисторы, виды и принцип работы	1	1	-	Виды, область применения и принцип работы транзистора	Обсуждение в классе
	Электронный ключ с использованием транзистора	1	-	1	Сборка электронного ключа на транзисторе. Сборка схемы мультивибратора на макетной плате	Практическая работа
29	Выпрямитель. Среда моделирования LTspice	2	-	2	Моделирование и исследование характеристик выпрямителя на диоде и делителя напряжения. Анализ графиков	Практическая работа
30	Преобразователи напряжения. Стабилитрон	2	1	1	Регулятор напряжения на стабилитроне. Выбор и расчет стабилитрона	Обсуждение. Практическая работа

31	Линейный стабилизатор напряжения	2	0.5	1.5	Сборка схемы и измерение выходных характеристик. Расчет номиналов сопротивлений в схеме стабилизатора	Практическая работа
32	Импульсный преобразователь напряжения	2	0.5	1.5	Сборка схемы и измерение выходных характеристик.	Обсуждение. Практическая работа
33	Сборка платы распределения питания спутника. Повышающий преобразователь	1	0.5	0.5	Организация на выходе 3.3В, 5В, 9В для питания служебных систем. Измерение напряжения и расчет силы тока	Обсуждение. Практическая работа
	Работа с источником света и солнечной батареи	1	-	1	Сравнительный анализ линейного и импульсного преобразователей напряжения. Коммутация солнечных батарей. Измерение тока заряда аккумулятора	Практическая работа
34	Работа с платой электропитания в составе Introsat. Проверка питания служебных систем	2	-	2	Тестирование питания служебных систем: плата заряда аккумулятора, маховик, микроконтроллер	Практическая работа
35-36	Плата симуляции альтернативного источника энергии спутника	2	-	2	Подключение и прошивка платы спутника. Измерение напряжения и расчет силы тока на входах служебных систем в зависимости от освещенности солнечных батарей	Практическая работа
		2	-	2	Сборка спутника формата 3U. Подключение служебных систем к линиям питания. Испытание систем электропитания служебных систем	Практическая работа
<b>Итого</b>		<b>72 часа (36 занятий)</b>				

## КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

<b>№</b>	<b>Режим деятельности</b>	<b>Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа технической направленности «Спутникостроение»</b>
1.	Начало учебного года	01 сентября 2025
2.	Продолжительность учебного периода	18 учебных недель
3.	Продолжительность учебной недели	6 дней
4.	Периодичность учебных занятий	1 раз в неделю по 2 часа
5.	Количество часов	72 часа
6.	Окончание учебного года	25 мая 2026
7.	Период реализации программы	01.09.2025-25.05.2026

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ВОСПИТАНИЯ

Воспитательный компонент осуществляется по следующим направлениям

организации воспитания и социализации обучающихся:

- 1) гражданско-патриотическое;
- 2) нравственное и духовное воспитание;
- 3) воспитание положительного отношения к труду и творчеству;
- 4) интеллектуальное воспитание;
- 5) здоровьесберегающее воспитание;
- 6) правовое воспитание и культура безопасности;
- 7) воспитание семейных ценностей;
- 8) формирование коммуникативной культуры;
- 9) экологическое воспитание.

Цель – формирование гармоничной личности с широким мировоззренческим кругозором, с серьезным багажом теоретических знаний и практических навыков.

Используемые формы воспитательной работы: викторина, экскурсии, игровые программы, диспуты.

Методы: беседа, мини-викторина, наблюдения, столкновения взглядов и позиций, проектный, поисковый.

Планируемый результат: повышение мотивации к театральному искусству и личностному развитию; сформированность настойчивости в достижении цели, стремление к получению качественного законченного результата; умение работать в команде; сформированность нравственного, познавательного и коммуникативного потенциалов личности.

### Календарный план воспитательной работы

№ п/п	Название мероприятия, события	Направления воспитательной работы	Форма проведения	Сроки проведения
1.	Инструктаж по технике безопасности при работе с электрическими цепями, правила поведения на занятиях	Безопасность и здоровый образ жизни	В рамках занятий	Сентябрь
2.	Беседа о сохранении материальных ценностей, бережном отношении к оборудованию	Гражданско-патриотическое воспитание, нравственное воспитание	В рамках занятий	Сентябрь-май
3.	Беседа о космонавтах-первооткрывателях	Гражданско-патриотическое, нравственное и духовное воспитание		Сентябрь
4.	Защита кейсов внутри группы	Нравственное воспитание, трудовое воспитание	В рамках занятий	Сентябрь - декабрь

5.	Участие в соревнованиях различного уровня	Воспитание интеллектуально-познавательных интересов	В рамках занятий	Сентябрь – декабрь
6.	Беседа об открытиях в области радио и электроники	Гражданско-патриотическое, нравственное и духовное воспитание	В рамках занятий	Ноябрь
7.	Беседа о Дне изобретателя и рационализатора	Гражданско-патриотическое, нравственное и духовное воспитание	В рамках занятий	Декабрь
8.	Открытые занятия, мастер-классы	Воспитание положительного отношения к труду и творчеству; интеллектуальное воспитание; формирование коммуникативной культуры	В рамках занятий, мероприятия ДТ «Кванториум»	Май

### **Список литературы**

#### Нормативные правовые акты

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

2. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2012 № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки».

3. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2012 № 597 «О мероприятиях по реализации государственной социальной политики».

4. Указ Президента РФ от 9 ноября 2022 г. № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей».

5. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2025 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

6. Указ Президента Российской Федерации от 8 мая 2025 г. № 314 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области исторического просвещения».

7. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 27 2022 года № 629 «Об утверждении осуществления образовательной деятельности общеобразовательным программам».

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

9. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.03.2022 года № 678-р «Об утверждении дополнительного образования детей до 2030 года».

Приказ Министерства образования от 26 июля 2022 года № 912/1 «Об утверждении Плана работы по реализации Концепции развития дополнительного образования детей до 2030 года, I этап (2022 – 2025 годы) в Калининградской области и Целевых показателей реализации Концепции развития дополнительного образования детей до 2030 года в Калининградской области».

Для педагога дополнительного образования:

1. Ключ на старт. Космос для детей. <https://space4kids.ru/>
2. Бертяев В. Д. Теоретическая механика (краткий конспект лекций). Учеб. пособие // В.Д. Бертяев, Л.А. Булатов, С.С. Маркелов; Тульский Государственный университет, Тула, 2005. – 144 с.
3. Демаков Ю. П. Лекции по физическим основам электроники: Учебное пособие для вузов. Ижевск: Издательство ИжГТУ, 2008. – 323 с.: ил.
4. Фортескью П. Разработка систем космических аппаратов // Фортескью П., Суйрнерд Г. Старк. Д.; пер. с англ. М.: Альпина Паблишер, 2015. – 765 с.
5. Ориентация спутника в магнитном поле: Учебное пособие под редакцией К.Ю. Якушиной. Introsat, 2021.
6. Электропитание спутника: Учебное пособие под редакцией К.Ю. Якушиной. Introsat, 2021.
7. Спутникостроение. Базовый курс с применением конструктора Интросат. <https://orbita.education/ru/materials/197/364/4835>

Для обучающихся и родителей:

1. Ориентация спутника в магнитном поле: Учебное пособие под редакцией К.Ю. Якушиной. Introsat, 2021.
2. Электропитание спутника: Учебное пособие под редакцией К.Ю. Якушиной. Introsat, 2021.
3. Спутникостроение. Базовый курс с применением конструктора Интросат. <https://orbita.education/ru/materials/197/364/4835>
4. Ключ на старт. Космос для детей. <https://space4kids.ru/>
5. Открытая астрономия. Онлайн учебник. <https://college.ru/astronomy/course/content/content.html>
6. Петин В.А., Биняковский А.А. Практическая энциклопедия Arduino. 2-е изд., доп. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 166 с.
7. Боксел Дж. Изучаем Arduino. 65 проектов своими руками. – СПб.: Питер, 2017. – 400 с.