

Государственное областное автономное образовательное учреждение  
«Центр поддержки одаренных детей «Стратегия»

Рассмотрена и принята на заседании  
Педагогического совета ГОАОУ «Центр  
поддержки одаренных детей «Стратегия»

Протокол от 31.08.2018 г. № 1

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГОАОУ «Центр поддержки  
одаренных детей «Стратегия»  
И.А. Шуйкова

Приказ от 31.08.2018 г. № 140-п



**Дополнительная общеразвивающая программа  
технической направленности  
"Аэроквантум. Линия 1"**

Возраст обучающихся: 5-11 класс  
Срок реализации: 1 год.

Авторы программы:  
Моргачев В.В., методист  
Злобин М.С., педагог дополнительного  
образования

Липецк, 2018

I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	3
1.1. Направленность программы.....	3
1.2. Актуальность программы.....	3
1.3. Отличительные особенности программы от уже имеющихся .....	3
1.4. Возраст обучающихся, участвующих в освоении программы .....	4
1.5. Объем и срок освоение программы.....	4
1.6. Форма обучения .....	4
1.7. Особенности организации образовательного процесса .....	4
1.8. Цель и задачи программы.....	4
II. УЧЕБНЫЙ ПЛАН.....	5
III.УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН .....	6
IV. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ .....	13
V. КАЛЕНДАРНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ.....	15
VI. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ	20
6.1. Планируемые результаты освоения программы .....	20
6.2. Способы и формы проверки результатов освоения программы .....	21
6.3. Форма подведения итогов реализации.....	22
VII. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ .....	22
7.1. Особенности организации учебного процесса и учебных занятий.....	22
7.2. Дидактические материалы .....	22
7.3. Организационно-педагогические условия.....	23
7.4. Материально-техническое обеспечение .....	23
VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	25
<i>Приложение 1</i> .....	27

# **I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

## **1.1. Направленность программы**

Дополнительная общеразвивающая программа «Аэроквантум. Линия 1» имеет научно-техническую направленность.

## **1.2. Актуальность программы**

Данная общеобразовательная общеразвивающая программа дополнительного образования детей имеет техническую направленность. Предполагает дополнительное образование детей в области авиамоделирования и беспилотной авиации.

Программа направлена на формирование у детей знаний и навыков, необходимых для работы с беспилотными авиационными системами.

Программа позволяет создавать благоприятные условия для развития технических способностей школьников.

## **1.3. Отличительные особенности программы от уже имеющихся**

Современные тенденции развития роботизированных комплексов в авиации получили реализацию в виде беспилотных авиационных систем (БАС).

В настоящее время наблюдается лавинообразный рост интереса к беспилотной авиации как инновационному направлению развития современной техники, хотя история развития этого направления началась уже более 100 лет тому назад.

Развитие современных и перспективных технологий позволяет сегодня беспилотным летательным аппаратам успешно выполнять такие функции, которые в прошлом были им недоступны или выполнялись другими силами и средствами.

Благодаря росту возможностей и повышению доступности дронов, потенциал использования их в разных сферах экономики стремительно растёт. Это создало необходимость в новой профессии: оператор беспилотных авиационных систем (БАС). Стратегическая задача курса состоит в подготовке специалистов по конструированию, программированию и эксплуатации БАС.

Образовательная программа «Аэроквантума» позволяет не только обучить ребенка правильно моделировать и конструировать, но и подготовить обучающихся к планированию и проектированию разноуровневых технических проектов и в дальнейшем осуществить осознанный выбор вида деятельности в техническом творчестве.

Описываемая образовательная программа интересна тем, что интегрирует в себе достижения современных и инновационных направлений в малой беспилотной авиации.

Занимаясь по данной программе, обучающиеся должны получить знания и умения, которые позволят им понять основы устройства беспилотного летательного аппарата, принципы работы всех его систем и их взаимодействия.

#### **1.4. Возраст обучающихся, участвующих в освоении программы**

В реализации данной программы участвуют обучающиеся 5-11 класса.

#### **1.5. Объем и срок освоение программы**

Срок реализации программы – 1 год. Программа рассчитана на 36 недель; 6 часов в неделю; всего – 216 учебных часов в год. Количество занятий в неделю – 2 (3 академических часа) или 3 (2 академических часа). Занятия построено по принципу 40 минут работы, 10 минут отдыха или смены деятельности.

#### **1.6. Форма обучения**

Очная.

#### **1.7. Особенности организации образовательного процесса**

Образовательный процесс (занятия) осуществляется в группах детей разного возраста. Состав группы постоянный; количество обучающихся в группе – 12-15 человек.

Программа предоставляет обучающимся возможность освоения учебного содержания занятий с учетом их уровней общего развития, способностей, мотивации. В рамках программы предполагается реализация параллельных процессов освоения содержания программы на разных уровнях доступности и степени сложности, с опорой на диагностику стартовых возможностей каждого из участников. Содержание, предлагаемые задания и задачи, предметный материал программы дополнительного образования детей организованы в соответствии со следующими уровнями сложности:

1) «Начальный уровень». Участнику предлагается знакомство с основными представлениями, не требующими владения специализированными предметными знаниями и концепциями, участие в решении заданий и задач, обладающих минимальным уровнем сложности, необходимым для освоения содержания программы.

2) «Базовый уровень». Участнику предлагается участие в постановке и решении таких заданий и задач, для которых необходимо использование специализированных предметных знаний, концепций.

3) «Продвинутый уровень». Участнику предлагается участие в постановке и решении таких заданий и задач, для которых необходимо использование сложных, специализированных предметных знаний, концепций (возможно требуется корректное использование концепций и представлений из разных предметных областей), научиться документировать ход работы и результаты.

#### **1.8. Цель и задачи программы**

Основными задачами данной программы являются (компетенции, которые прививаются):

- Развитие Комплекса базовых технологий, применяемых при моделировании летательных аппаратов, обучение основным принципам механики и аэродинамики;

- Обучение грамотному представлению своей идеи, проектированию ее технического и программного решения, реализации в виде модели способной к функционированию;
- Обучение навыкам решения специализированных задач, результатом каждой из которых будет работающий механизм или модель летательного аппарата с автономным управлением;
- Обучение работе с различными инновационными материалами для современных разработок по авиомоделированию.
- Формирование навыков инженерного мышления, умения работать в сфере конструирования, программирования;
- Развитие мелкой моторики, внимательности, аккуратности и изобретательности при создании двигателей, сборке моделей летательных аппаратов;
- Формирование уверенности в своей будущей востребованности обществом в сфере авиаконструирования;
- Развитие креативного мышления и пространственного воображения, умения излагать мысли в четкой логической последовательности, отстаивать свою точку зрения, анализировать ситуацию и самостоятельно находить ответы на вопросы путем логических рассуждений.
- Формирование мотивации учащихся к изобретательству и созданию собственных летательных аппаратов;
- Поощрение стремления к получению качественного законченного механизма или модели дрона, способного к самостоятельному полету;
- Развитие навыков проектного-ориентированного мышления, работы в команде и эффективного распределения обязанностей при конструировании, моделировании и запуске мультикоптеров.

## II. УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Наименование разделов и тем		Общее количество часов	В том числе			Форма контроля
			Теоретических	практических	проектных	
1		2	3	4	5	6
1. Устройство и принцип работы автономной мультироторной системы	Н	60	20	30	10	Проект-проба + тест
	Б	60	15	35	10	Проект-проба + тест
	У	60	10	35	15	Мини-проект
2. Основы работы с Raspberry Pi	Н	74	31	30	13	Проект-проба + тест
	Б	74	25	36	13	Проект-проба + тест
	У	74	20	36	18	Проект-проба + тест
3. Изучение Python	Н	18	9	9	0	Тест
	Б	18	7	11	0	Тест
	У	18	5	13	0	Тест

4. Работа с пакетом Dronekit	Н	64	32	32	0	Проект-проба + тест
	Б	64	25	32	7	Проект-проба + тест
	У	64	20	32	12	Проект-проба + тест
<b>Итого часов:</b>		<b>216</b>				

Данная образовательная программа изучается в течение одного учебного года (40 недель), 6 часов в неделю. Школьники выполняют 9 практических занятий, проводится одна контрольная работа во время аудиторных занятий. По окончании курса происходит защита проектной работы.

*Н – начальный уровень,  
Б – базовый уровень  
У – углубленный уровень*

### III. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ темы	Название разделов и тем	Кол-во часов
<b>Устройство и принцип работы автономной мультироторной системы</b>		
1.	Способы реализации автономного управления мультироторной системы.	3
2.	PX4 Обзор архитектуры	3
3.	Проектное занятие	3
4.	Рассмотрение одноплатных вспомогательных компьютеров для автономных мультироторных систем	3
5.	Протокол MAVLINK. Эстиматоры: EKF2, LPE.	3
6.	Проектное занятие	3
7.	Рассмотрение роботизированных систем для PX4	3
8.	Сборка автономной мультироторной системы	9
9.	Проектное занятие	3
10.	Отладка и доработка устройства для автономных полетов. Тестовые полеты	6
11.	Проектное занятие	3
12.	Рассмотрение встроенного программного обеспечения для PixHawk	3
13.	Первоначальная настройка полетного контроллера PixHawk	3
14.	Проектное занятие	3
15.	Полетные режимы. Настройка функций защиты.	3

16.	Подключение GPS. Настройка.	3
17.	Проектное занятие	3
18.	PID – регулятор	3
19.	Настройка PID – регулятора	3
20.	Проектное занятие	3
21.	Работа с log - файлами полетного контроллера	3
22.	Итоговое занятие	3

1. Способы реализации автономного управления мультироторной системы.  
Теория: Рассмотрение способов определения положения мультироторной системы в пространстве  
Практика:  
1) Рассмотрение способов оказания воздействия на полетный контроллер  
2) Рассмотрение датчиков, помогающих определить положение системы  
3) Рассмотрение методов компьютерного зрения
2. PX4 Обзор архитектуры  
Теория: Архитектура полетного контроллера  
Практика:  
1) Рассмотрение высокоуровневого строения  
2) Рассмотрение низкоуровневого строения  
3) Рассмотрение взаимодействия между разными уровнями строения  
сопротивление, используя резисторы 10 кОм и 100 кОм
3. Проектное занятие
4. Рассмотрение одноплатных вспомогательных компьютеров для автономных мультироторных систем  
Теория: Ознакомление с одноплатными компьютерами  
Практика:  
1) Рассмотрение Raspberry Pi  
2) Рассмотрение ODroid  
3) Рассмотрение Intel Edison, BeagleBoneBlack, Nvidia Jetson
5. Протокол MAVLINK. Эстиматоры: EKF2, LPE  
Теория: Протокол обмена информации MAVLINK. Обработка информации, полученных с датчиков.  
Практика:  
1) Сравнение данных эстиматоров  
2) Рассмотрение методов обработки данных с датчиков  
3) Рассмотрение фильтра Калмана
6. Проектное занятие
7. Рассмотрение роботизированных систем для PX4  
Теория: Устройство роботизированных систем  
Практика:  
1) Рассмотрение Dronekit  
2) Рассмотрение Dronescape  
3) Рассмотрение MAVROS
8. Сборка автономной мультироторной системы  
Теория: Устройство мультироторной системы  
Практика:  
1) Сборка набора базового уровня  
2) Сборка набора продвинутого уровня

- 3) Разработка и создание собственной мультироторной системы
9. Проектная деятельность
10. Рассмотрение встроенного программного обеспечения для PixHawk  
Теория: Изучение встроенного программного обеспечения.  
Практика:  
1) Рассмотрение ArduPilot и PX4  
2) Рассмотрение документации данного программного обеспечения  
3) Рассмотрение документации для разработчиков, а также сравнительный анализ двух продуктов.
11. Первоначальная настройка полетного контроллера PixHawk  
Теория: Инструкция по настройке PixHawk  
Практика:  
1) Настройка ArduPilot  
2) Настройка PX4  
3) Подробная настройка всех атрибутов данных продуктов с помощью консоли
12. Проектное занятие.
13. Отладка и доработка устройства для автономных полетов. Тестовые полеты.  
Теория: Описание и особенности  
Практика:  
1) Собрать электрическую цепь со светодиодом и фоторезистором по картинке  
2) Собрать электрическую цепь со светодиодом и фоторезистором по схеме  
3) Собрать электрическую цепь со светодиодом и фоторезистором по схеме.  
Использовать термистор в схеме
14. Проектное занятие.
15. Полетные режимы. Настройка функций защиты.  
Теория: Описание полетных режимов.  
Практика:  
1) Настройка полетных режимов и настройка защиты от потери радиосигнала аппаратуры  
2) Настройка полетных режимов, защиты от потери радиосигнала аппаратуры, уровня дросселя газа  
3) Настройка полетных режимов, защиты от потери радиосигнала аппаратуры и низкого уровня батареи
16. Подключение GPS. Настройка.  
Теория: Рассмотрение навигации мультироторной системы по GPS с помощью наземной станции.  
Практика:  
1) Настройка модуля GPS  
2) Настройка режима “Вернуться домой”  
3) Настройка защиты от потери фиксации спутников GPS
17. Проектное занятие
18. PID – регулятор  
Теория: Алгоритм PID - регулятора  
Практика:  
1) Реализации алгоритма P – регулятора  
2) Реализация алгоритма PI – регулятора  
3) Реализация алгоритма PID – регулятора
19. Настройка PID - регулятора  
Теория: Алгоритм настройки PID – регулятора  
Практика:  
1) Установление коэффициентов согласно шаблону



- 2) Автоматическая настройка PID – регулятора
  - 3) Ручной подбор коэффициентов PID – регулятора
20. Проектное занятие
21. Работа с log – файлами полетного контроллера.  
Теория: Принцип работы и практическое использование log – файлов.  
Практика:
- 1) Загрузка и открытие log – файла
  - 2) Получение и анализ информации log – файла
  - 3) Получение информации о вибрациях полетного контроллера
22. Итоговое занятие

### Основы работы с Raspberry Pi

23.	Описание платформы Raspberry Pi	3
24.	Начало работы. Запись образа операционной системы Raspberry Pi.	3
25.	Проектное занятие	3
26.	Знакомство с Linux. Настройка системы. Удаленный доступ. Работа с терминалом. Рассмотрение консольных команд.	6
27.	Настройка точки доступа на Raspberry Pi	3
28.	Проектное занятие	3
29.	Знакомство с группой контактов GPIO	3
30.	Итоговое занятие	3

23. Описание платформы Raspberry Pi  
Теория: знакомство с принципами работы Raspberry Pi  
Практика:
- 1) Рассмотрение систем охлаждения
  - 2) Рассмотрение дополнительных модулей
  - 3) Рассмотрение Navio
24. Начало работы. Запись образа операционной системы Raspberry Pi  
Теория: Взаимодействие с операционной системой Raspberry Pi  
Практика:
- 1) Запись образа на съемный носитель
  - 2) Форматирование и запись образа на съемный носитель
  - 3) Запись образа других операционных систем
25. Проектное занятие
26. Знакомство с Linux. Настройка системы. Удаленный доступ. Работа с терминалом. Рассмотрение консольных команд.  
Теория: Основы работы с ОС Linux
- 1) Настройка доступа по SSH
  - 2) Настройка доступа по VNC
  - 3) Работа с системными консольными командами
27. Настройка точки доступа на Raspberry Pi  
Теория: Основы работы с Wi-Fi адаптером, знакомство с настройками точки доступа.  
Практика:
- 1) Работа с настроенным Wi-Fi адаптером
  - 2) Установка необходимых пакетов и настройка режима точки доступа
  - 3) Настройка переключения в режим клиента
28. Проектное занятие
29. Знакомство с группой контактов GPIO  
Теория: Основы работы с группой контактов GPIO

<p>Практика:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Работа с GPIO, мигание светодиодом. Сборка по картинке</li> <li>2) Работа с GPIO, мигание светодиодом. Сборка по схеме</li> <li>3) Работа с GPIO, создание умного светофора</li> </ol> <p>30. Итоговое занятие.</p>		
<b>Изучение Python</b>		
31.	Изучаем Python. Общая информация.	3
32.	Строки. Списки. Кортежи. Словари.	9
33.	Проектное занятие	3
34.	Оператор условия if/else. Циклы while и for	3
35.	Функции	6
36.	Проектное занятие	3
37.	Итоговое занятие	3
<p>31. Изучаем Python. Общая информация.  Теория: Основы языка программирования Python.  Практика:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Написание программы “Hello world” в интерпретаторе</li> <li>2) Написание программы “Hello world”. Сохранение исполняемого файла</li> <li>3) Установка python – пакетов с помощью pip</li> </ol> </p> <p>32. Строки. Списки. Кортежи. Словари.  Теория: Знакомство со списками, строками, кортежами и словарями в Python.  Практика:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Рассмотрение методов объекта “Строка”</li> <li>2) Рассмотрение методов объекта “Списки”</li> <li>3) Рассмотрение методов объектов “Кортежи” и “Словари”</li> </ol> </p> <p>33. Проектное занятие</p> <p>34. Оператор условия if/else. Циклы while и for  Теория: Знакомство с оператором условия и циклами в Python  Практика:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Трехместное выражение if/else</li> <li>2) Операторы break и continue</li> <li>3) Else в циклах while и for</li> </ol> </p> <p>35. Функции  Теория: Знакомство с функциями в Python  Практика:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Создание собственной функции</li> <li>2) Анонимные функции</li> <li>3) Декораторы</li> </ol> </p> <p>36. Проектное занятие</p> <p>37. Итоговое занятие</p>		
<b>Работа с пакетом Dronekit</b>		
38.	Рассмотрение пакета Dronekit	3
39.	Проектная деятельность	3
40.	Пакет MAVProxy	3
41.	Подключение PixHawk к Raspberry Pi	3
42.	Проектная деятельность	3
43.	Работа с QGroundControl через Wi-Fi	3
44.	Симуляторы мультироторных систем	3
45.	Проектная деятельность	3

46.	Написание программы, отображающее состояние и настройки мультироторной системы.	6
47.	Автономный взлет и посадка	3
48.	Проектная деятельность	3
49.	Направление и контролирование коптера (глобальная система координат).	3
50.	Направление и контролирование коптера (система координат относительно установленного уровня горизонта)	3
51.	Проектная деятельность	3
52.	Создание автономных миссий	3
53.	Перезапись радиоканалов	3
54.	Проектная деятельность	3
55.	Создание атрибутов в приложении	3
56.	Сообщения протокола MALVINK	3
57.	Проектная деятельность	3
58.	Создание автономной системы избегания препятствий	12
59.	Проектная деятельность	3
60.	Итоговое занятие	3
61.	Рекурсия курса	3
<p>38. Рассмотрение пакета Dronekit.  Теория: Знакомство с Dronekit  Практика:  1) Установка пакета Dronekit  2) Проверка соединения  3) Работа с пакетом Dronekit</p> <p>39. Проектное занятие</p> <p>40. Пакет MAVProху  Теория: Основы работы MAVProху  Практика:  1) Установка MAVProху  2) Подключение к наземной станции  3) Работа с наземной станцией с помощью пакета MAVProху</p> <p>41. Подключение PixHawk к Raspberry Pi  Теория: Взаимодействие PxHawk и Raspberry Pi  Практика:  1) Подключение по UART  2) Подключение по USB  3) Подключение по UART или USB. Сравнение способов подключения.</p> <p>42. Проектное занятие</p> <p>43. Работа с QGroundControl через Wi-Fi  Теория: Принципы работы QGroundControl  Практика:  1) Удаленная настройка полетного контроллера  2) Получение и анализ данных в режиме реального времени  3) Полет с помощью функций наземной станции</p> <p>44. Симуляторы мультироторных систем  Теория: Знакомство с симуляторами мультироторных систем  Практика:  1) Работа с SITL</p>		

- 2) Работа с Gazebo
- 3) Работа с RealFlight
45. Проектное занятие
46. Написание программы, отображающее состояние и настройки мультироторной системы.  
Теория: Теория написания программ для мультироторных систем  
Практика:
  - 1) Вывод состояния мультироторной системы
  - 2) Вывод положения мультироторной системы
  - 3) Вывод всех параметров мультироторной системы
47. Автономный взлет и посадка.  
Теория: Принципы реализации автономного взлета и посадки  
Практика:
  - 1) Взлет и мгновенная посадка
  - 2) Взлет, зависание, посадка
  - 3) Взлет и посадка в точку взлета
48. Проектное занятие
49. Направление и контролирование коптера (глобальная система координат).  
Теория: Принципы контролирования коптера в глобальной системе координат  
Практика:
  - 1) Полет в точку координат
  - 2) Полет по траектории “Квадрат”
  - 3) Полет по траектории “Круг”
50. Направление и контролирование коптера (система координат относительно установленного уровня горизонта)  
Теория: Принципы контролирования коптера в системе координат относительно установленного уровня горизонта  
Практика:
  - 1) Полет по прямой
  - 2) Полет по траектории “Квадрат”
  - 3) Полет по траектории “Круг”
51. Проектное занятие
52. Создание автономных миссий  
Теория: Знакомство с автономными миссиями  
Практика:
  - 1) Создание миссии
  - 2) Создание и редактирование миссии
  - 3) Дополнительные возможности работы с миссиями
53. Перезапись радиоканалов  
Теория: Принципы перезаписи каналов  
Практика:
  - 1) Перезапись канала газа
  - 2) Перезапись каналов газа/крена/тангажа/рысканья
  - 3) Перезапись всех каналов управления, включая дополнительные
54. Проектное занятие
55. Создание атрибутов в приложении  
Теория: Принципы создания атрибутов в приложении  
Практика:

1) Создание атрибута состояния мультироторной системы 2) Создание атрибута положения мультироторной системы 3) Создание атрибута, показывающего все параметры мультироторной системы 56. Сообщения протокола MAVLINK Теория: Знакомство с протоколом MAVLINK Практика: 1) Ознакомление с протоколом MAVLINK 2) Написание сообщения MAVLINK с помощью пакета MAVProxy 3) Написание функции отправки сообщений MAVLINK с помощью пакета Dronekit 57. Проектное занятие 58. Создание автономной системы избегания препятствий Теория: Принципы создания автономной системы избегания препятствий Практика: 1) Создание автономной системы избегания препятствий с одним ультразвуковым датчиком расстояния 2) Создание автономной системы избегания препятствий с тремя ультразвуковыми датчиками расстояния, перекрывающими область в 180 градусов 3) Создание автономной системы избегания препятствий с четырьмя ультразвуковым датчиком расстояния, установленными с каждой стороны 59. Проектное занятие 60. Итоговое занятие	
Итого	216

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

№ п/п	Наименование темы	Содержание обучения
1	2	3
Блок 1.	<b>Устройство и принцип работы автономной мультироторной системы</b>  1. Способы реализации автономного управления мультироторной системы.  2. PX4 Обзор архитектуры  3. Рассмотрение одноплатных вспомогательных компьютеров для автономных мультироторных систем  4. Протокол MAVLINK. Эстиматоры: EKF2, LPE.	Рассмотрение способов реализации автономного управления мультироторной системы  Работа с PixHawk  Сборка автономной мультироторной системы

	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Рассмотрение роботизированных систем для PX4</li> <li>6. Сборка автономной мультироторной системы</li> <li>7. Отладка и доработка устройства для автономных полетов. Тестовые полеты</li> <li>8. Рассмотрение встроенного программного обеспечения для PixHawk</li> <li>9. Первоначальная настройка полетного контроллера PixHawk</li> <li>10. Полетные режимы. Настройка функций защиты.</li> </ol>	
Блок 2.	<p><b>Основы работы с Raspberry Pi</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание платформы Raspberry Pi</li> <li>2. Начало работы. Запись образа операционной системы Raspberry Pi.</li> <li>3. Знакомство с Linux. Настройка системы. Удаленный доступ. Работа с терминалом. Рассмотрение консольных команд.</li> <li>4. Настройка точки доступа на Raspberry Pi</li> <li>5. Знакомство с группой контактов GPIO</li> </ol>	<p>Изучение платформы Raspberry Pi 3</p> <p>Основы работы с операционной системой Linux</p> <p>Знакомство с группой контактов GPIO</p>
Блок 3.	<p><b>Изучение Python</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучаем Python. Общая информация.</li> <li>2. Строки. Списки. Кортежи. Словари.</li> <li>3. Оператор условия if/else. Циклы while и for</li> <li>4. Функции</li> </ol>	<p>Программирование на языке Python.</p> <p>Программирование одноплатного компьютера.</p>

Блок 4.	<b>Работа с пакетом Dronekit</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рассмотрение пакета Dronekit</li> <li>2. Пакет MAVProxy</li> <li>3. Подключение PixHawk к Raspberry Pi</li> <li>4. Работа с QGroundControl через Wi-Fi</li> <li>5. Симуляторы мультироторных систем</li> <li>6. Написание программы, отображающее состояние и настройки мультироторной системы.</li> <li>7. Автономный взлет и посадка</li> <li>8. Направление и контролирование коптера (глобальная система координат).</li> <li>9. Направление и контролирование коптера (система координат относительно установленного уровня горизонта)</li> <li>10. Создание автономных миссий</li> <li>11. Перезапись радиоканалов</li> <li>12. Создание атрибутов в приложении</li> <li>13. Сообщения протокола MALVINK</li> <li>14. Создание автономной системы избегания препятствий</li> </ol>	<b>Работа с пакетами Dronekit, MAVProxy</b> <p>Программирование автономных квадрокоптеров</p> <p>Создание автономной системы избегания препятствий</p>
---------	---	--

#### V. КАЛЕНДАРНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

№ пп	Название тем (разделов)	Обязательный минимум содержания программы	Количество часов	Планируемая дата проведения
<b>Устройство и принцип работы автономной мультироторной системы</b>				
1.	Способы реализации автономного управления мультироторной системы.	Теория: Рассмотрение способов определения положения мультироторной системы в пространстве Практика: Рассмотрение способов оказания воздействия на полетный контроллер	3	10.09.2018 – 17.09.2018

2.	PX4 Обзор архитектуры	Теория: Архитектура полетного контроллера Практика: Рассмотрение строения полетного контроллера	3	10.09.2018 – 17.09.2018
3.	Проектная деятельность	Работа над проектами	3	18.09.2018 – 24.09.2018
4.	Рассмотрение одноплатных вспомогательных компьютеров для автономных мультироторных систем	Теория: Ознакомление с одноплатными компьютерами Практика: Рассмотрение Raspberry Pi, ODroid, Intel Edison	3	18.09.2018 – 24.09.2018
5.	Протокол MAVLINK. Эстиматоры: EKF2, LPE.	Теория: Протокол обмена информации MAVLINK. Обработка информации, полученных с датчиков. Практика: Сравнение данных эстиматоров, рассмотрение методов обработки данных с датчиков	3	25.09.2018 – 01.10.2018
6.	Проектное занятие	Работа с проектами	3	25.09.2018 – 01.10.2018
7.	Рассмотрение роботизированных систем для PX4	Теория: Рассмотрение роботизированных систем для PX4 Практика: Рассмотрение Dronekit	3	02.10.2018 – 08.10.2018
8.	Сборка автономной мультироторной системы	Теория: Устройство мультироторной системы Практика: Сборка наборов базового и продвинутого уровней	9	02.10.2018 – 15.10.2018
9.	Проектное занятие	Работа с проектами	3	16.10.2018 – 22.10.2018
10.	Отладка и доработка устройства для автономных полетов. Тестовые полеты	Теория: Описание и особенности Практика: Тестовые полеты	6	16.10.2018 – 29.10.2018
11.	Проектное занятие	Работа над проектами	3	23.10.2018 – 29.10.2018
12.	Рассмотрение встроенного программного обеспечения для PixHawk	Теория: Изучение встроенного программного обеспечения Практика: Рассмотрение ArduPilot и PX4	3	30.10.2018 – 05.11.2018
13.	Первоначальная настройка полетного контроллера PixHawk	Теория: Инструкция по настройке PixHawk Практика: Настройка ArduPilot и PX4	3	30.10.2018 – 05.11.2018
14.	Проектное занятие	Работа над проектами	3	06.11.2018 – 12.11.2018



15.	Полетные режимы. Настройка функций защиты.	Теория: Описание полетных режимов. Практика: Настройка полетных режимов и настройка защиты от потери радиосигнала аппаратуры	3	06.11.2018 – 12.11.2018
16.	Подключение GPS. Настройка.	Теория: Рассмотрение навигации мультироторной системы по GPS с помощью наземной станции. Практика: Настройка режимов GPS	3	13.11.2018 – 19.11.2018
17.	Проектное занятие	Работа над проектами	3	13.11.2018 – 19.11.2018
18.	PID – регулятор	Теория: Алгоритм PID - регулятора Практика: Реализации алгоритма P – регулятора	3	20.11.2018 – 26.11.2018
19.	Настройка PID – регулятора	Теория: Алгоритм настройки PID – регулятора Практика: Настройка PID – регулятора	3	20.11.2018 – 26.11.2018
20.	Проектное занятие	Работа над проектами	3	27.11.2018 – 03.12.2018
21.	Работа с log - файлами полетного контроллера	Теория: Принцип работы и практическое использование log – файлов Практика: Работа с log-файлами	3	27.11.2018 – 03.12.2018
22.	Итоговое занятие	Теория: Повторение изученного Практика: Мини-проект по темам учащихся	3	04.12.2018 – 10.12.2018
<b>Основы работы с Raspberry Pi</b>				
23.	Описание платформы Raspberry Pi	Теория: Знакомство с принципами работы Raspberry Pi Практика: Рассмотрение систем охлаждения	3	11.12.2018 – 17.12.2018
24.	Начало работы. Запись образа операционной системы Raspberry Pi.	Теория: Взаимодействие с операционной системой Raspberry Pi Практика: Запись образа на съемный носитель	3	11.12.2018 – 17.12.2018
25.	Проектное занятие	Работа над проектами	3	18.12.2018 – 24.12.2018
26.	Знакомство с Linux. Настройка системы. Удаленный доступ. Работа с терминалом. Рассмотрение консольных команд.	Теория: Основы работы с ОС Linux Практика: Работа с системными консольными командами	6	18.12.2018 – 30.12.2018
27.	Настройка точки доступа на Raspberry Pi	Теория: Основы работы с Wi-Fi адаптером, знакомство с настройками точки доступа.	3	24.12.2018 – 30.12.2018

		Практика: Работа с настроенным Wi-Fi адаптером		
28.	Проектное занятие	Работа над проектами	3	08.01.2019 – 14.01.2019
29.	Знакомство с группой контактов GPIO	Теория: Основы работы с группой контактов GPIO Практика: Работа с GPIO, мигание светодиодом. Сборка по картинке	3	08.01.2019 – 14.01.2019
30.	Итоговое занятие	Теория: Повторение изученного Практика: Мини-проект по темам учащихся	3	15.01.2019 – 21.01.2019
<b>Изучение Python</b>				
31.	Изучаем Python. Общая информация.	Теория: Основы языка программирования Python. Практика: Написание программы “Hello world”	3	15.01.2019 – 21.01.2019
32.	Строки. Списки. Кортежи. Словари	Теория: Знакомство со списками, строками, кортежами и словарями в Python. Практика: Работа со строками, списками, кортежами и словарями	9	22.01.2019 – 04.02.2019
33.	Проектное занятие	Работа над проектами	3	29.01.2019 – 04.02.2019
34.	Оператор условия if/else. Циклы while и for	Теория: Знакомство с оператором условия и циклами в Python Практика: Трехместное выражение if/else	3	05.02.2019 – 11.02.2019
35.	Функции	Теория: Знакомство с функциями в Python Практика: Создание собственной функции	6	05.02.2019 – 18.02.2019
36.	Проектное занятие	Работа над проектами	3	12.02.2019 – 18.02.2019
37.	Итоговое занятие	Теория: Повторение изученного Практика: Мини-проект по темам учащихся	3	19.02.2019 – 25.02.2019
<b>Работа с пакетом Dronekit</b>				
38.	Рассмотрение пакета Dronekit	Теория: Знакомство с Dronekit Практика: Работа с пакетом Dronekit	3	19.02.2019 – 25.02.2019
39.	Проектная деятельность	Работа над проектами	3	26.02.2019 – 04.03.2019
40.	Пакет MAVProxy	Теория: Основы работы MAVProxy Практика:	3	26.02.2019 – 04.03.2019

		Работа с наземной станцией с помощью пакета MAVProxy		
41.	Подключение PixHawk к Raspberry Pi	Теория: Взаимодействие PixHawk и Raspberry Pi Практика: Подключение по UART	3	05.03.2019 – 11.03.2019
42.	Проектная деятельность	Работа над проектами	3	05.03.2019 – 11.03.2019
43.	Работа с QGroundControl через Wi-Fi	Теория: Принципы работы QGroundControl Практика: Удаленная настройка полетного контроллера	3	12.03.2019 – 18.03.2019
44.	Симуляторы мультироторных систем	Теория: Знакомство с симуляторами мультироторных систем Практика: Работа с SITL, Gazebo, RealFlight	3	12.03.2019 – 18.03.2019
45.	Проектная деятельность	Работа над проектами	3	19.03.2019 – 25.03.2019
46.	Написание программы, отображающее состояние и настройки мультироторной системы.	Теория: Теория написания программ для мультироторных систем Практика: Вывод состояния и положения мультироторной системы	6	19.03.2019 – 01.04.2019
47.	Автономный взлет и посадка	Теория: Принципы реализации автономного взлета и посадки Практика: Взлет и мгновенная посадка	3	26.03.2019 – 01.04.2019
48.	Проектная деятельность	Работа над проектами	3	02.04.2019 – 08.04.2019
49.	Направление и контролирование коптера (глобальная система координат).	Теория: Принципы контролирования коптера в глобальной системе координат Практика: Полет в точку координат	3	02.04.2019 – 08.04.2019
50.	Направление и контролирование коптера (система координат относительно установленного уровня горизонта)	Теория: Принципы контролирования коптера в системе координат относительно установленного уровня горизонта Практика: Полет по траектории	3	09.04.2019 – 15.04.2019
51.	Проектная деятельность	Работа над проектами	3	09.04.2019 – 15.04.2019
52.	Создание автономных миссий	Теория: Знакомство с автономными миссиями Практика: Создание и редактирование миссии	3	16.04.2018 – 22.04.2018
53.	Перезапись радиоканалов	Теория: Принципы перезаписи каналов Практика:	3	16.04.2018 – 22.04.2018

		Перезапись каналов управления		
54.	Проектная деятельность	Работа над проектами	3	23.04.2019 – 29.04.2019
55.	Создание атрибутов в приложении	Теория: Принципы создания атрибутов в приложении Практика: Создание атрибутов состояния и положения мультироторной системы	3	23.04.2019 – 29.04.2019
56.	Сообщения протокола MALVINK	Теория: Знакомство с протоколом MAVLINK Практика: Написание сообщения MAVLINK с помощью пакета MAVProху	3	30.04.2019 – 06.05.2019
57.	Проектная деятельность	Работа над проектами	3	30.04.2019 – 06.05.2019
58.	Создание автономной системы избегания препятствий	Теория: Принципы создания автономной системы избегания препятствий Практика: Создание автономной системы избегания препятствий с одним ультразвуковым датчиком расстояния	12	07.05.2019 – 21.05.2019
59.	Проектная деятельность	Работа над проектами	3	22.05.2019 – 31.05.2019
60.	Итоговое занятие	Теория: Повторение изученного Практика: Мини-проект по темам учащихся	3	22.05.2019 – 31.05.2019
61.	Рекурсия курса	Теория: Повторение изученного. Практика: Подведение итогов.	3	22.05.2019 – 31.05.2019
	Итого		216	

## VI. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ

### 6.1. Планируемые результаты освоения программы

Образовательная программа дает каждому обучающемуся по результатам ее прохождения овладеть всеми заявленными компетенциями и выполнить проектную работу по созданию беспилотной авиационной системы. Формой отчетности является успешное выполнение всех практических задач, последующая защита собственного реализованного проекта, а также участие в гонках “Drone Racing”. Предполагается, что, для улучшения коммуникативных навыков и повышения сознательности, подросток должен записать также краткую видео-презентацию собственного проекта и разместить её на сайте технопарка «Кванториум» для ее предоставления на общественное обсуждение всем желающим.

## 6.2. Способы и формы проверки результатов освоения программы

Виды контроля:

- вводный, который проводится перед началом работы и предназначен для закрепления знаний, умений и навыков по пройденным темам;
- текущий, проводимый в ходе учебного занятия и закрепляющий знания по данной теме;
- итоговый, проводимый после завершения всей учебной программы.

Формы проверки результатов:

- наблюдение за детьми в процессе работы;
- соревнования;
- индивидуальные и коллективные технические проекты.

Формы подведения итогов:

- выполнение практических полётов (визуальных и с FPV);
- практические работы по сборке и ремонту квадрокоптеров;
- творческое задания (подготовка проектов и его презентация)

### Контрольная работа

Контрольная работа состоит из 11 теоретических вопросов, рассчитанная на одно аудиторное занятие.

Вопросы к контрольной работе:

1. Устройство мультироторных систем.
2. Принципы управления мультироторными системами.
3. Литий-полимерные аккумуляторы и их зарядные устройства: устройство, принцип действия, методы зарядки/разрядки/хранения/ балансировки аккумуляторов, безопасная работа с оборудованием.
4. Полётный контроллер: устройство полётного контроллера, принципы его функционирования
5. Принципы настройки контроллера с помощью компьютера
6. Бесколлекторные двигатели и их регуляторы хода: устройство, принципы их функционирования, пайка двигателей и регуляторов.
7. Платы разводки питания: общее устройство, характеристики, пайка регуляторов и силовых проводов к платам разводки питания.
8. Основы видеотрансляции: принципы передачи видеосигнала, устройство и характеристики применяемого оборудования.
9. Установка, подключение и настройка видеооборудования на мультироторные системы.
10. Основы микроэлектроники и программирования микроконтроллеров: устройство и принцип действия микроконтроллеров, характеристики используемых микроконтроллеров и их датчиков.

11. Основы 3D-печати и 3D-моделирования: применяемое оборудование и программное обеспечение.

## **Итоговая работа**

Итоговая контрольная работа обучающихся проводится по результатам выполнения практических заданий и защиты проектов (правила выбора темы и пример проекта представлены в приложении №1)

Практические задания:

1. Работа с зарядными устройствами.
2. Пайка проводов.
3. Полет на симуляторе.
4. Сборка и настройка квадрокоптера.
5. Учебный полет.
6. Установка видеооборудования.
7. Полет «от первого лица».
8. Программирование контроллеров.

### **6.3. Форма подведения итогов реализации**

Портфолио достижений обучающихся, отражающее результативность освоения программы по итогам контрольной работы, защиты проекта и участия в различных конкурсах, олимпиадах, конференциях различных уровней.

## **VII. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **7.1. Особенности организации учебного процесса и учебных занятий**

Программой предусмотрено проведение комбинированных занятий: занятия состоят из теоретической и практической частей.

При проведении занятий используют различные формы: лекции, практические работы, беседы, конференции, конкурсы, игры, викторины, проектная и исследовательская деятельность.

При проведении занятий используются приемы и методы технологий: дифференцированного обучения, теории решения изобретательских задач, развития критического мышления и др.

### **7.2. Дидактические материалы**

Используется: демонстрационный материал (презентации), раздаточный материал - карточки по темам, таблицы.

### 7.3. Организационно-педагогические условия

Педагог дополнительного образования, реализующий данную программу, должен иметь высшее профессиональное образование в области, соответствующей профилю квантума; опыт работы со школьниками разного возраста, высокий личностный и культурный уровень, творческий потенциал. Компетенции: организация собственной работы и поддержание необходимого уровня работоспособности, обучение и развитие наставляемых, обеспечение высокого уровня мотивации наставляемых, оценка и контроль наставляемых, управление образовательными проектами, проведение игропрактических мероприятий.

### 7.4. Материально-техническое обеспечение

№ п/п	Наименование	Назначение/краткое описание функционала оборудования
<b>1</b>	<b>Учебное (обязательное) оборудование</b>	
1.1	Основной набор (рама, запчасти, моторы, пропеллеры, регуляторы, полетный контроллер, радиоаппаратура, зарядка, аккумуляторы)	Набор для сборки квадрокоптера
1.2	Комплект для FPV-полетов (камера, видеопередатчик, видеоприемник, антенны, мониторчик, батарейки.)	Комплект для полетов от первого лица
1.3	Комплект для изучения основ радиоэлектроники и программирования микроконтроллеров (бортовой компьютер, радиомодем, видеокамера, электроника, ПО)	Комплект для программирования коптера
1.4	Квадрокоптер	Коптер для начального знакомства, отработки азов пилотирования
1.5	Квадрокоптер с фотокамерой на гиросtabilизированном подвесе	Коптер для обучение азосъемке, настройке и обслуживанию БАС
1.6	Конвертоплан	Конвертоплан для обучения настройке, обслуживанию и эксплуатации БАС перспективных типов
1.7	Фотокамера	Фотокамера для установки на конвертоплан
1.8	Учебная БАС самолетного типа	БАС для обучения азам пилотирования беспилотных самолетов

1.9	Квадрокоптер с 3 доп. аккумуляторами, доп. зарядкой и защитой винтов	Коптер для отработки навыков пилотирования, проведения аэросъёмки
1.10	Ручка для 3D-печати	Знакомство с принципами 3D-печати
<b>2</b>	<b>Компьютерное оборудование</b>	
2.1	Ноутбук	работа в классе
2.2	Мышь	
2.3	Тележка для зарядки и хранения ноутбуков	Тумба для хранения и зарядки ноутбуков
2.4	МФУ	Много-функциональное устройство
2.5	Сетевой удлинитель	Сетевой удлинитель
<b>3</b>	<b>Презентационное оборудование</b>	
3.1	LED панель	подача информационного материала
3.2	Настенное крепление	крепление LED панели
3.3	Интерактивный комплект	Интерактивный комплект доска диагональ 87" / 221 см, формат 16:10 с ультракороткофокусным проектором
3.4	Мобильный стенд	Напольная мобильная стойка для интерактивных досок
<b>4</b>	<b>Расходные материалы и запасные части</b>	
<b>5</b>	<b>Мебель</b>	
5.1	Комплект мебели	
5.2	Светильник настольный галогеновый	Лампа галогеновая gu10
5.3	Корзины для мусора	



## VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

№ п/п	Наименование
<b>Основная литература</b>	
1	Белинская Ю.С. Реализация типовых маневров четырехвинтового вертолета. Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. №4. Режим доступа: <a href="http://sntbul.bmstu.ru/doc/551872.html">http://sntbul.bmstu.ru/doc/551872.html</a> (дата обращения 31.10.2016).
2	Гурьянов А. Е. Моделирование управления квадрокоптером Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014 №8 Режим доступа: <a href="http://engbul.bmstu.ru/doc/723331.html">http://engbul.bmstu.ru/doc/723331.html</a> (дата обращения 31.10.2016).
3	Ефимов. Е. Програмируем квадрокоптер на Arduino: Режим доступа: <a href="http://habrahabr.ru/post/227425/">http://habrahabr.ru/post/227425/</a> (дата обращения 31.10.2016).
4	Институт транспорта и связи. Основы аэродинамики и динамики полета. Рига, 2010. Режим доступа: <a href="http://www.reaa.ru/yabbfilesB/Attachments/Osnovy_ajerodnamiki_Riga.pdf">http://www.reaa.ru/yabbfilesB/Attachments/Osnovy_ajerodnamiki_Riga.pdf</a> (дата обращения 31.10.2016).
5	Канатников А.Н., Крищенко А.П., Ткачев С.Б. Допустимые пространственные траектории беспилотного летательного аппарата в вертикальной плоскости. Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. №3. Режим доступа: <a href="http://technomag.bmstu.ru/doc/367724.html">http://technomag.bmstu.ru/doc/367724.html</a> (дата обращения 31.10.2016).
6	Мартынов А.К. Экспериментальная аэродинамика. М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1950. 479 с. 13. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. СПб: Питер, 2005. 337
<b>Дополнительная литература</b>	
7	Редакция Tom'sHardwareGuide. FPV- мультикоптеры: обзор технологии и железа. 25 июня 2014. Режим доступа: <a href="http://www.thg.ru/consumer/obzor_fpv_multicopterov/print.html">http://www.thg.ru/consumer/obzor_fpv_multicopterov/print.html</a> (дата обращения 31.10.2016).
8	Alderete T.S. "Simulator Aero Model Implementation" NASA Ames Research Center, Moffett Field, California. P. 21. Режим доступа: <a href="http://www.aviationsystemsdivision.arc.nasa.gov/publications/hitl/rtsim/Toms.pdf">http://www.aviationsystemsdivision.arc.nasa.gov/publications/hitl/rtsim/Toms.pdf</a> (дата обращения 31.10.2016).
9	Bouadi H., Tadjine M. Nonlinear Observer Design and Sliding Mode Control of Four Rotors Helicopter. World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 25, 2007. Pp. 225-229. 11. Madani T., Benallegue A. Backstepping control for a quadrotor helicopter. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2006. Pp. 3255-3260.
10	Dikmen I.C., Arisoy A., Temeltas H. Attitude control of a quadrotor. 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies, 2009. Pp. 722-727. 4. Luukkonen T.

	Modelling and Control of Quadcopter. School of Science, Espoo, August 22, 2011. P. 26. Режим доступа: <a href="http://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/eluu11_public.pdf">http://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/eluu11_public.pdf</a> (дата обращения 31.10.2016).
11	LIPO SAFETY AND MANAGEMENT: Режим доступа: <a href="http://aerobot.com.au/support/training/lipo-safety">http://aerobot.com.au/support/training/lipo-safety</a> (Дата обращения 20.10.15)
12	Murray R.M., Li Z, Sastry S.S. A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation. SRC Press, 1994. P. 474.
13	Zhao W., Hiong Go T. Quadcopter formation flight control combining MPC and robust feedback linearization. Journal of the Franklin Institute. Vol.351, Issue 3, March 2014. Pp. 1335-1355. DOI: 10.1016/j.jfranklin.2013.10.021

## Правила выбора темы проекта

Способы решения проблем начинающими исследователями во многом зависят от выбранной темы. Надо помочь детям найти все пути, ведущие к достижению цели, выделить общепринятые, общеизвестные и нестандартные, альтернативные; сделать выбор, оценив эффективность каждого способа.

**Правило 1.** Тема должна быть интересна ребенку, должна увлекать его. Исследовательская работа эффективна только на добровольной основе. Тема, навязанная ученику, какой бы важной она ни казалась взрослым, не даст должного эффекта.

**Правило 2.** Тема должна быть выполнима, решение ее должно быть полезно участникам исследования. Натолкнуть ребенка на ту идею, в которой он максимально реализуется как исследователь, раскроет лучшие стороны своего интеллекта, получит новые полезные знания, умения и навыки, – сложная, но необходимая задача для педагога.

**Правило 3.** Тема должна быть оригинальной с элементами неожиданности, необычности. Оригинальность следует понимать как способность нестандартно смотреть на традиционные предметы и явления.

**Правило 4.** Тема должна быть такой, чтобы работа могла быть выполнена относительно быстро. Способность долго концентрировать собственное внимание на одном объекте, т. е. долговременно, целеустремленно работать в одном направлении, у школьника ограничена.

**Правило 5.** Тема должна быть доступной. Она должна соответствовать возрастным особенностям детей. Это касается не только выбора темы исследования, но и формулировки и отбора материала для ее решения. Одна и та же проблема может решаться разными возрастными группами на различных этапах обучения.

**Правило 6.** Сочетание желаний и возможностей. Выбирая тему, педагог должен учесть наличие требуемых средств и материалов – исследовательской базы. Ее отсутствие, невозможность собрать необходимые данные обычно приводят к поверхностному решению, порождают "пустословие". Это мешает развитию критического мышления, основанного на доказательном исследовании и надежных знаниях.

**Правило 7.** С выбором темы не стоит затягивать. Большинство учащихся не имеют постоянных пристрастий, их интересы ситуативны. Поэтому, выбирая тему, действовать следует быстро, пока интерес не угас.

### Примеры тем проектов

1. Моделирование квадрокоптера.

2. Проектирование полета над трассой с препятствиями.
3. Программирование автономного взлета и посадки квадрокоптера.
4. Видео нарезка полетов вокруг Кванториума.
5. Организация гонки квадрокоптеров.
6. Применение квадрокоптеров в Геоквантуме.
7. Проектирование квадрокоптера-транспортника.
8. Автономный полет по заданной траектории.
9. Создание помощника для преподавателя на контрольных работах.
10. Квадрокоптер лучший друг Робоквантума.