

Министерство образования Тульской области  
Государственное профессиональное образовательное учреждение Тульской области  
«Тульский государственный машиностроительный колледж  
Имени Никиты Демидова»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ГПОУ ТО

«ТГМК им. Н. Демидова»

Салищев В.Н.

Приказ № 076/1-У

От «2» сентября 2018 г.



**Дополнительная образовательная программа  
технической направленности  
«Аэроквантум. Годичная. 72 ч.»**

Возраст обучающихся: 13 – 18 лет

Уровень: многоуровневая модульная образовательная программа

Автор-составитель: Макаров Николай Николаевич

Тула  
2018 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОГРАММЫ	
1.1. Пояснительная записка.....	3
1.2. Цель и задачи программы.....	4
2. СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ	
2.1. Объем программы и виды учебной работы.....	5
2.2. Содержание программы .....	6
3. КОМПЛЕКС ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	
3.1 Календарно-тематическое планирование.....	9
3.2. Условия реализации программы.....	12
3.3. Планируемые результаты освоения программы.....	14
3.4. Способы и формы проверки результатов освоения программы.....	14
3.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы...17	
Приложение №1.....	20

# 1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОГРАММЫ

## 1.1. Пояснительная записка

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.

Программа ориентирована на дополнительное образование учащихся среднего и старшего школьного возраста (13 - 18 лет).

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.

Программой предусмотрено проведение комбинированных занятий: занятия состоят из теоретической и практической частей, причём большее количество времени занимает практическая часть.

При проведении занятий традиционно используются три формы работы:

- демонстрационная, когда обучающиеся слушают объяснения педагога и наблюдают за демонстрационным экраном или экранами компьютеров на ученических рабочих местах;
- фронтальная, когда обучающиеся синхронно работают под управлением педагога;
- самостоятельная, когда обучающиеся выполняют индивидуальные

задания в течение части занятия или нескольких занятий.

## 1.2. Цель и задачи программы

Целью программы является формирование у обучающихся устойчивых знаний и навыков по таким направлениям, как: аэродинамика и конструирование беспилотных летательных аппаратов, основы радиоэлектроники и схемотехники, программирование микроконтроллеров, лётная эксплуатация БАС.

Программа направлена на развитие в ребенке интереса к проектной, конструкторской и предпринимательской деятельности, значительно расширяющей кругозор и образованность ребенка.

Основными задачами данной программы являются:

- Развитие у детей воображения, пространственного мышления, воспитание интереса к технике и технологиям.
- Воспитание трудолюбия, развития трудовых умений и навыков, расширение политехнического кругозора, умения планировать работу по реализации замысла, предвидеть результат и достигать его, при необходимости вносить коррективы в первоначальный замысел.
- Повышение сенсорной чувствительности, развитие мелкой моторики и синхронизации работы обеих рук за счет обучения пилотирования и аэросъемки с беспилотных летательных аппаратов.
- Ознакомление детей с духом научно-технического соревнования, развитие умения планировать свои действия с учетом фактора времени в обстановке с элементами конкуренции.
- Обучение детей проектированию, сборке и программированию беспилотных летательных аппаратов, использованию современных средств автоматического контроля и управления для создания интеллектуальных БАС.
- Выработка навыков пилотирования беспилотных летательных аппаратов.
- Самореализация личности обучающегося.
- Развитие творческих способностей обучающегося.

## СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

### 2.1. Объем программы и виды учебной работы

Данная образовательная программа изучается в течение года. По окончании курса происходит защита проектной работы.

Вид учебной работы	Всего часов
Аудиторные занятия всего, в том числе:	72
Лекции	24
Практические занятия	48
в т.ч. проектная работа	20
Виды текущего контроля успеваемости	3
Объем учебной программы	72

## 2.2. Содержание программы

№ п/п	Наименование темы	Содержание обучения
1	2	3
<p><b>Блок 1.</b></p>	<p><b>Теория мультироторных систем.</b></p> <p><b>Основы управления.</b></p> <p><b>Полёты на симуляторе.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вводная лекция о содержании курса.</li> <li>2. Принципы управления и строение мультикоптеров.</li> <li>3. Основы техники безопасности полётов</li> <li>4. Основы электричества. Литий-полимерные аккумуляторы.</li> <li>5. Практическое занятия с литий-полимерными аккумуляторами (зарядка/разрядка/балансировка/хранение)</li> <li>6. Технология пайки. Техника безопасности.</li> <li>7. Обучение пайке.</li> <li>8. Полёты на симуляторе.</li> </ol>	<p>Устройство мультироторных систем.</p> <p>Основы конструкции мультироторных систем. Принципы управления мультироторными системами.</p> <p>Аппаратура радиоуправления: принцип действия, общее устройство.</p> <p>Техника безопасности при работе с мультироторными системами.</p> <p>Электронные компоненты мультироторных систем: принципы работы, общее устройство.</p> <p>Литий-полимерные аккумуляторы и их зарядные устройства: устройство, принцип действия, методы зарядки/разрядки/хранения/ балансировки аккумуляторов, безопасная работа с оборудованием.</p> <p>Пайка электронных компонентов: принципы пайки, обучение пайке, пайка электронных компонентов мультироторных систем.</p> <p>Полёты на симуляторе: обучение полётам на компьютере, проведение учебных полётов на симуляторе.</p>

<p><b>Блок 2.</b></p>	<p><b>Сборка и настройка квадрокоптера.</b></p> <p><b>Учебные полёты.</b></p> <p>Управление полётом мультикоптера. Принцип функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Бесколлекторные двигатели и регуляторы их хода. Платы разводки питания.</li> <li>2. Сборка рамы квадрокоптера.</li> <li>3. Пайка ESC, BEC и силовой части.</li> <li>4. Основы настройки полётного контроллера с помощью компьютера. Настройка Аппаратуры управления.</li> <li>5. Настройки полётного контроллера.</li> <li>6. Инструктаж по технике безопасности полетов.</li> <li>7. Первые учебные полёты: «взлёт/посадка», «удержание на заданной высоте», перемещения</li> </ol>	<p>Полётный контроллер: устройство полётного контроллера, принципы его функционирования, настройка контроллера с помощью компьютера, знакомство с программным обеспечением для настройки контроллера.</p> <p>Бесколлекторные двигатели и их регуляторы хода: устройство, принципы их функционирования, пайка двигателей и регуляторов.</p> <p>Платы разводки питания: общее устройство, характеристики, пайка регуляторов и силовых проводов к платам разводки питания.</p> <p>Инструктаж перед первыми учебными полётами.</p> <p>Проведение учебных полётов в зале, выполнение заданий: «взлёт/посадка», «удержание на заданной высоте», «вперед-назад», «влево-вправо», «точная посадка на удаленную точку», «коробочка», «челнок», «восьмерка», «змейка», «облет по кругу».</p> <p>Разбор аварийных ситуаций.</p>
-----------------------	---	--

	<p>«вперед-назад», «влево-вправо». Разбор аварийных ситуаций.</p> <p>8. Выполнение полётов: «точная посадка на удаленную точку», «коробочка», «челнок», «восьмерка», «змейка», «облет по кругу».</p>	
<p><b>Блок 3.</b></p>	<p><b>Работа в группах над инженерным проектом.</b></p> <p>1. Принципы создания инженерной проектной работы.</p> <p>2. Основы 3D-печати и 3D-моделирования.</p> <p>3. Работа в группах над инженерным проектом «Беспилотная авиационная система».</p> <p>4. Подготовка презентации собственной проектной работы.</p>	<p>Работа над инженерным проектом: основы планирования проектной работы, работа над проектом в составе команды.</p> <p>Основы 3D-печати и 3D-моделирования: применяемое оборудование и программное обеспечение.</p> <p>Практическая работа в группах над инженерным проектом по теме «Беспилотная авиационная система».</p> <p>Подготовка и проведение презентации по проекту.</p>



### 3. КОМПЛЕКС ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

#### 3.1 Календарно-тематическое планирование

№ п/п	Наименование темы	Объем часов			Форма контроля
		Всего часов	Теор ия	Прак тика	
1	2	3	4	5	6
<b>Блок 1.</b>	<b>Теория мультимоторных систем. Основы управления. Полёты на симуляторе.</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>Практическ ая работа</b>
1.	Вводная лекция о содержании курса.	2	2		Практическа я работа с зарядными устройствам и.  Пайка проводов.  Полёты на симуляторе.
2.	Принципы управления и строение мультикоптеров.	5	2	3	
3.	Основы техники безопасности полётов	2	2		
4.	Основы электричества. Литий- полимерные аккумуляторы.	2	2		
5.	Практическое занятия с литий- полимерными аккумуляторами (зарядка/разрядка/балансировка/хране ние)	3		3	
6.	Технология пайки. Техника	2			
7.	безопасности. Обучение пайке.	7	2	7	
<b>Блок 2.</b>	<b>Сборка и настройка квадрокоптера. Учебные полёты.</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>Практическ ая работа</b>

1.	Управление полётом мультикоптера. Принцип функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления.	4		2	
2.	Бесколлекторные двигатели и регуляторы их хода. Платы разводки питания.	4	2	2	
3.	Сборка рамы квадрокоптера.	2		2	
4.	Пайка ESC, BEC и силовой части.	2	2	2	
5.	Основы настройки полётного контроллера с помощью компьютера.	4		2	Сборка и настройка квадрокоптера.
6.	Настройка Аппаратуры управления.	2	2	2	
7.	Настройки полётного контроллера. Инструктаж по технике безопасности полетов.	1			Учебные полёты.
8.	Первые учебные полёты: «взлёт/посадка», «удержание на заданной высоте», перемещения «вперед-назад», «влево-вправо».	4	1	3	
9.	Разбор аварийных ситуаций. Выполнение полётов: «точная посадка на удаленную точку», «коробочка», «челнок», «восьмерка», «змейка», «облет по кругу».	3	1	3	
<b>Блок 4.</b>	<b>Работа в группах над инженерным проектом.</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>Практическая работа</b>
1.	Принципы создания инженерной проектной работы.	3	1	2	Самостоятельная

2.	Основы 3D-печати и 3D-моделирования. Основы инженерного проектирования. Жизненный цикл проекта и изделия Работа в группах над инженерным проектом «Беспилотная авиационная система». Подготовка презентации собственной проектной работы.	3	1	2	подготовка групповых инженерных проектов.
3.		2	2		
4.		10	2	8	
5.		2		2	
6.		<b>Контроль знаний</b>	3		
	<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	

### 3.2 Условия реализации программы.

Перечень необходимого материально-технического обеспечения:

№ 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 радиозлектроники и программирования микроконтроллеров (бортовой компьютер, радиомодем, видеочамера, электроника, ПО)	Комплект для программирования коптера
1.4	Квадрокоптер	Коптер для начального знакомства, отработки азов пилотирования
1.5	Квадрокоптер с фотокамерой на гиростабилизированном подвесе	Коптер для обучение аэро-съемке, 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 аэросъемки
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

4	Расходные материалы и запасные части	
5	Мебель	
5.1	Комплект мебели	
5.2	Светильник настольный галогеновый	Лампа галогеновая gu10
5.3	Корзины для мусора	

### 3.3. 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.

### 3.4. 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 теоретических вопросов и рассчитана 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.

12. Основы программирования. Структура языка, основные операторы.
13. Основные периферийные устройства микроконтроллеров.
14. Способы реализации полетных задач и программ. Примеры полетных задач и алгоритмы их реализации.

### **Итоговая работа**

Итоговая контроль обучающихся проводится по результатам выполнения практических заданий и защиты проектов (правила выбора темы и пример проекта представлены в приложение №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.
9. Реализация выбранной полетной задачи



### 1.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

№ п/п	Наименование
<b>Основная</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</b>	
7	Редакция Tom's Hardware Guide. 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-транспортровщика.
8. Автономный полет по заданной траектории.
9. Создание помощника для преподавателя на контрольных работах.
10. Квадрокоптер - лучший друг Робоквантума.