



**НТО**

**COEX**

*Ассоциация участников технологических кружков*

УТВЕРЖДАЮ

Президент Ассоциации



А.И. Федосеев

Дополнительная общеразвивающая образовательная программа

**Профиль: «Летающая робототехника»**

технической направленности

Возраст обучающихся: 12-18 лет

Срок реализации: 2 года

**Разработчики:**

Трубицына В. Н., Селиверстова Е.С.,  
команда разработчиков профиля  
«Летающая робототехника» НТО  
ООО «Коптер Экспресс Технологии»

Москва, 2021 г



Дополнительная общеразвивающая образовательная программа «Летающая робототехника» направлена на: развитие творческих способностей и интереса к научной, и инженерной деятельности учащихся лежащих в области конструирования беспилотных летательных аппаратов, осваивающих общеобразовательные программы основного общего и среднего образования; распространение и популяризацию научных знаний в области конструирования, компьютерного зрения и автономной навигации беспилотных летательных аппаратов; создание условий для интеллектуального развития и поддержки учащихся, оказания содействия молодежи в профессиональной ориентации и осознанном выборе образовательной траектории.

Дополнительная общеразвивающая образовательная программа «Летающая робототехника» отнесена к программам технической направленности, является авторской разработкой и направлена на ознакомление и погружение в профиль «Летающая робототехника» НТО.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Пояснительная записка</b>	4
Краткая характеристика предмета	4
Направленность образовательной программы	4
Новизна, актуальность и педагогическая целесообразность	5
Цель образовательной программы	6
Задачи образовательной программы	6
Условия реализации образовательной программы	7
Планируемые результаты освоения программы	8
<b>Учебно-тематический план дополнительной общеразвивающей образовательной программы по направлению «Летающая робототехника»</b>	12
Содержание разделов и тем	16
<b>Сведения о условиях для реализации учебного процесса</b>	20
<b>Методическое обеспечение программы</b>	24
Словарь терминов (глоссарий)	24

## **1. Пояснительная записка**

### **1.1 Краткая характеристика предмета**

Беспилотные летающие аппараты (БПЛА) — это бурно развивающийся сегмент мирового рынка в высокотехнологичных отраслях. Сегодня промышленные и сервисные БПЛА находят применение в различных областях — доставка грузов, видеосъёмка, обеспечение безопасности, промышленность, мониторинг Земли и других планет. В последние годы технологии БПЛА быстро развиваются, а степень автономности становится все выше. Расширение сфер применения квадрокоптеров (термин, аналогичный БПЛА) требует подготовки квалифицированных кадров для создания систем автоматического управления, а также проектирования и разработки конструкций БПЛА. Правильная эксплуатация квадрокоптера возможна только при наличии знаний и умений, которые позволят эксплуатировать, конструировать и обслуживать БПЛА. Сегодня, можно сказать активно формируется новое направление – практически интегрированное в образование, науку, педагогику и инженерное дело.

Дополнительная общеразвивающая образовательная программа «Летающая робототехника» — это междисциплинарный курс, включающий в себя науку, технологию, инженерное дело, математику и программирование, включающие востребованные на сегодняшний день технологии, а также способствует развитию коммуникативных способностей учащихся, развивает навыки взаимодействия, самостоятельности при принятии решений, раскрывая их инженерный и творческий потенциал.

Курс направлен на формирование как теоретических, так и практических основ авиастроения, подробный разбор конструкции мультироторного БПЛА, самостоятельное проектирование и изготовление узлов квадрокоптера. Учащиеся познакомятся с практикой и теорией программирования автономных миссий БПЛА. В рамках курса будут рассмотрены типы задач по программированию автономного полета квадрокоптера, разобраны решения практических задач. Рассмотренные в курсе темы помогут учащимся решать задачи, понимать иллюстрации, использовать специализированное оборудование, применять необходимые программы для решения задач с применением конструктора программируемого квадрокоптера SOEX “Клевер 4”, понимать требования и критерии к задачам. Программа предусматривает выполнение учениками ряда практических работ, помогающих освоить основы сборки, настройки, пилотирования и программирования квадрокоптера.

При этом, освоение и применение современных сквозных технологий в процессе работы над актуальными задачами связанными с конструированием и применением летающих роботов не требует углубленных знаний классических предметов, но дает стимул к их изучению через практическое применение ранее полученных теоретических основ.

Учащиеся лучше понимают и усваивают необходимый материал, когда они создают или изобретают что-то самостоятельно, а наличие большого количества инженерных соревнований и олимпиад как школьного, так и студенческого уровней, позволяет выстроить индивидуальную траекторию дальнейшего развития обучающихся.

### **1.2 Направленность образовательной программы**

Направленность программы — научно-техническая. Программа направлена на привлечение учащихся к электронике, конструированию и программированию летающих робототехнических систем/беспилотников, проектной работе в команде, самостоятельный выбор необходимых для работы компетенций, а также решение актуальных практических

задач. Всё это становится ценным опытом для дальнейшего профессионального ориентирования и почвой для раскрытия потенциала и собственного развития. Программа способствует приобретению навыков анализа, проектирования, программирования и конструирования, что является необходимым условием для инженерного образования.

### **1.3 Новизна, актуальность и педагогическая целесообразность**

В 1912 году компанией Sperry Corporation был представлен первый гироскопический автопилот. Технология обеспечивала автоматическое удержание курса полёта и стабилизацию крена. В 1930-х годах автопилоты уже устанавливались на гражданские самолеты, а в 1947 году самолёт С-54 ВВС США совершил трансатлантический перелет полностью под управлением автопилота, включая взлет и посадку, а сегодня беспилотные технологии глубоко проникают в нашу повседневную жизнь. Ещё недавно мало кто представлял, что мы увидим рой беспилотных летательных аппаратов в небе.

Многие отрасли уже с трудом представляют себе работу без применения дронов. Это и крупное сельское хозяйство, где дроны следят за состоянием полей, пастбищ практически без участия человека; и энергетическая отрасль, где дроны выполняют мониторинг объектов инфраструктуры, в том числе, протяжённостью в сотни километров. В шахтах специальные дроны следят за состоянием вентиляции и сводов, в городе сотни дронов организуют для нас захватывающие шоу, а на Марсе беспилотный летательный аппарат исследует поверхность Красной планеты и ищет возможные цели для марсохода. Для человечества началась эра искусственного интеллекта, семейства технологий, несущих потенциал революционного технологического прорыва и требующей адекватной реакции как в сфере науки, так и в сфере образования.

Авторитетными группами международных экспертов область взаимосвязанных роботизированных систем признана приоритетной, несущей потенциал революционного технологического прорыва и требующей адекватной реакции как в сфере науки, так и в сфере образования.

В связи с активным внедрением новых технологий в жизнь общества постоянно увеличивается потребность в высококвалифицированных специалистах. Для реализации фундаментальных и прикладных научно-исследовательских разработок в области робототехники ряд передовых ВУЗов открыл специальности, а также лаборатории, но большее количество абитуриентов не предполагает о наличии данных направлений, ввиду отсутствия ранней профориентации, что говорит о необходимости создания подобных образовательных программ.

Представленная программа предназначена для подготовки школьников, выбравших популярное сегодня направление – БПЛА, которые смогут поступать в высшие учебные заведения на специальности связанные с разработкой, эксплуатацией, управлением и программированием БПЛА или иных робототехнических платформ, а затем продуктивно работать в качестве инженеров, операторов БПЛА, программистов, геодезистов, разработчиков, научных сотрудников и т.д.

В процессе освоения программы развиваются теоретические и практические навыки, а также основы программирования. Образовательная программа предполагает решение обучающимися разноплановых задач, градирующихся по уровню сложности, что позволит ученикам на практике ознакомиться с физическими основами и возможностями беспилотных летательных аппаратов. Изучение беспилотных летательных аппаратов и решение кейсов в команде, самостоятельный выбор необходимых для работы компетенций, а также решение реальных практических задач, позволяет объединить вышеперечисленные пункты в одном

курсе, что в свою очередь позволяет, стимулируя техническое творчество, интегрировать преподавание дисциплин физико-математического профиля и естественнонаучных дисциплин с развитием инженерного мышления. Всё это становится ценным опытом для дальнейшего профессионального ориентирования и почвой для раскрытия потенциала и собственного развития. Программа способствует приобретению навыков анализа, проектирования, программирования и конструирования, что является необходимым условием для инженерного образования.

#### **1.4 Цель образовательной программы**

Целью подготовки слушателей по Программе является:

- совершенствование компетенций, необходимых для решения задач в областях разработки новых методов управления, обработки информации и поиска новых конструктивных решений беспилотных летающих аппаратов широкого назначения, их подсистем и отдельных модулей, проведения исследований в сферах робототехники, теории управления и методов искусственного интеллекта.
- привлечение учащихся к работе в области инженерной и изобретательской деятельности.
- создание условий для мотивации и повышения интереса учащихся к беспилотным летающим аппаратам и робототехнике, содействие им в профессиональном самоопределении.
- развитие творческого и научно-технического потенциала учащихся через образовательную, проектную и соревновательную траектории выстроенные данной программой в единую систему.

#### **1.5 Задачи образовательной программы**

##### **Образовательные:**

- Формирование творческого отношения к выполняемой работе;
- Формирование навыков и подходов к решению реальных практических задач.
- Ознакомление учащихся с историей, основными принципами работы и устройством БПЛА.
- Реализация межпредметных связей с математикой, информатикой и физикой.
- Освоение базовых компетенций в областях конструирования, электромонтажа, пайки.
- Освоить навык визуального управления БПЛА, и с видом от первого лица (режим FPV).
- Освоение навыков анализа, проектирования, программирования и конструирования.
- Решение учащимися ряда задач по программированию БПЛА на базе компьютерного зрения.
- Подготовка учащихся к участию в Олимпиадах НТИ.
- Использование современных разработок по беспилотным летающим аппаратам и компьютерному зрению, организация на их основе активной внеурочной деятельности учащихся.
- Развитие умения излагать мысли в последовательности, отстаивать свою точку зрения анализировать ситуацию и самостоятельно находить ответы на вопросы путем логических рассуждений.

##### **Развивающие:**

- Формирование у учащихся стремления к получению качественного законченного результата;
- Умение работать в команде, распределять обязанности и делегировать задачи.
- Развитие у учащихся мотивации и интереса к исследовательской, научно-технической и инженерной сферам;
- Развитие у школьников инженерного мышления и навыков программирования.
- Развитие таких важных личностных компетенций как: память, внимание, способность логически мыслить и анализировать, концентрировать внимание на главном при работе над проектами.
- Формирование основ технической культуры и грамотности при работе в рамках специализированных лабораторий.
- Развитие принципов и идей, которые будут полезны учащимся в настоящем и пригодятся впоследствии при его профессиональном развитии в инновационно-техническом мире.
- Формирование способности решать проблемы и актуальные задачи в заданные сроки при разработке инженерно-технических устройств.
- Организация и участие в олимпиадах, конкурсах и соревнованиях связанных с беспилотными летающими аппаратами для закрепления изучаемого материала, мотивации к дальнейшему развитию, формированию критического и аналитического мышления
- Формирование навыков проектного мышления.

#### Воспитательные:

- Воспитание настойчивости, собранности, организованности, аккуратности.
- Формирование мотивации к саморазвитию.
- Формирование творческой инициативы и самостоятельности при выполнении проекта.
- Повышение мотивации учащихся к самообразованию, созданию собственных самоуправляемых автономных программных и робототехнических систем.

### 1.6 Условия реализации образовательной программы

**Категория обучающихся (слушателей):** уровень образования - учащиеся 8-11 классов образовательных организаций системы средних общеобразовательных учреждений.

**Форма обучения:** очная, в случаях необходимости может иметь гибридный формат (очно-заочный).

**Сроки реализации программы:** программа рассчитана на 1-2 года обучения, может быть изменена в соответствии с материально-техническим обеспечением организации (кружка), в котором планируется ее реализация.

В первый год учащиеся проходят курс по основам конструирования БПЛА, в который заложена работа над сборкой БПЛА, где обучающиеся выступают в роли инженеров. В процессе разработки проекта, обучающиеся коллективно обсуждают идеи решения поставленной конструкторской задачи, далее строят, программируют и оценивают работоспособность созданного мультикоптера. Особое внимание уделяется составлению технических текстов (техническое задание, памятка, инструкция, технологическая карта и т.д.), и развитие навыков устной и письменной коммуникации и командной работы. Реализуя инженерно-исследовательский проект, обучающиеся осваивают основы радиоэлектроники,

получают первые представления о строении и функционировании квадрокоптеров, проектируют и строят свой квадрокоптер и тестируют работу. Параллельно осваивая навыки пилотирования в различных режимах, знакомятся с программированием микроконтроллеров и одноплатных компьютеров, построения систем с обратной связью и основам компьютерного зрения.

Во второй год учащиеся углубляют полученные знания для программирования беспилотного летательного аппарата, ориентирующегося по данным с видеокамеры при помощи технологии компьютерного зрения. Изучают новые алгоритмы компьютерного зрения и методов визуализации. Проходят курс по основам 3D моделирования, дорабатывая квадрокоптер под решение актуальных задач. Участвуют в учебных состязаниях.

**Режим занятий:** Занятия от 2 до 4 ак. часов, от 1 до 2 раз в неделю.

#### **Принципы обучения:**

- **Научность.** Обучающиеся в рамках образовательной программы получают достоверный материал, проверенный на практике и актуальный новейшим научно-техническим достижениям.
- **Доступность.** Данный принцип предполагает соответствие сложности учебного материала степени общего развития учеников, что преследует цель наиболее качественного усвоения знаний и навыков учащимися.
- **Связь теории с практикой.** Принцип предусматривает практическое применение теоретических знаний, полученных обучающимися.
- **Воспитательный характер обучения.** В ходе процесса обучения, помимо освоения знаний и приобретения навыков, ученик также развивает свои интеллектуальные и моральные качества.
- **Сознательность и активность обучения.** В ходе учебного процесса обучающийся должен действовать обоснованно, сознательно. Процесс обучения предполагает инициативность и самостоятельность учащихся, развитие критического мышления.
- **Наглядность.** Использование определенных образцов технических изделий и видеоматериалов образовательного характера в ходе преподавания техники сборки.
- **Систематичность и последовательность.** Логически последовательная реализация учебного материала в виде упорядоченной системы, преследующая цель наиболее качественного его усвоения.
- **Прочность закрепления знаний, умений и навыков.** Качественное обучение предполагает уверенное освоение обучающимися знаний умений и навыков, следовательно, для достижения результата, необходимо закреплять приобретенные знания, умения и навыки регулярным повторением.

#### **1.7 Планируемые результаты освоения программы**

Для развития творческих способностей обучающихся необходимо создать ситуацию заинтересованности. Здесь решающее значение имеет не только содержание знаний, но и тип деятельности, в которой они приобретались. Поэтому акцент ставится на разнообразие форм и типов активности обучающихся, в которых приобретаются знания и создаются авторские продукты.



Формы организации деятельности учащихся на занятии используемые при реализации программы образовательных технологий:

- Индивидуально-групповая работа. Позволяет ученикам апробировать различные командные роли, развить чувство ответственности за выполнение своей части задачи.
- Работа по подгруппам (по звеньям). Позволяет ученикам проводить соревнования и исследования параллельно, сравнивая и анализируя используемые методы и полученные результаты.
- Самостоятельная аналитическая и практическая работа. Занятия представляют работу по проектированию и конструированию беспилотного летательного аппарата и руководство технологическим процессом. В ходе практических занятий ученики приобретают умения и навыки работы в условиях технической лаборатории и на практике применяют теоретические знания по дисциплинам физико-математического и естественнонаучного профиля.
- Мастер-классы от представителей отрасли и экскурсии. Данная форма занятий позволит ученикам сформировать наиболее полное представление о состоянии отрасли и перспективах ее дальнейшего развития.
- Лекции. С целью повышения качества усвоения материала предполагается внести в лекционные занятия элементы игровой активности. Таким образом, за счет смены видов деятельности, возрастет качество восприятия материала.
- Соревнования. Помимо соревнований, предусмотренных учебной программой, обучающиеся имеют возможность принимать участие в сторонних соревнованиях различного уровня, а также организовывать соревнования внутри группы, между группами, открытые соревнования. Таким образом, в процессе организации участники получают дополнительные навыки составления регламентов заданий, что позволяет рассмотреть соревновательный и олимпиадный процесс с противоположной для участников точки зрения. Данная форма занятий включает обязательный инструктаж учеников по правилам техники безопасности при эксплуатации БПЛА.

Методологический базис среды развития технологических компетенций формируется на основе научных концепций, результатах исследований, передовых отечественных и международных практиках. Для чего учащимся необходимо проверять полученные знания и навыки на открытых конференциях, конкурсах, хакатонах и иных состязаниях.

В течение курса предполагаются регулярные зачеты, на которых решение поставленной заранее известной задачи принимается в свободной форме (не обязательно предложенной преподавателем). При этом тематические состязания также являются методом проверки, и успешное участие в них освобождает от соответствующего зачета.

Результатом использования данных подходов и обеспечение равноуровневости программы предполагается приобретение обучающимися таких компетенций 21 века, как:

- генерация инженерных идей;
- продуктивное, изобретательское мышление;
- навыки проектного управления;
- владение технологией постановки задач,
- навыки гибкого и аккуратного выполнения операций;
- умение работать в команде, самомотивация и продуктивная коммуникация;
- способность формулировать, представлять и решать проблемы;
- логическое мышление, рефлексия, объяснения и аргументация.

#### Предметные результаты обучения:

- знать простейшие основы электромеханики;
- знать определения понятий: датчик, интерфейс, алгоритм и т.п., а также специализированную терминологию;
- знать основные компоненты и устройство БПЛА мультироторного типа;
- знать технологическую последовательность сборки моделей;
- знать технику безопасности при пайке, запуске и эксплуатации БПЛА;
- знать принципы управления БПЛА;
- знать принцип работы элементов управления;
- знать компьютерную среду, включающую в себя ОС, языки программирования; виды подвижных и неподвижных соединений;
- знать способы навигации БПЛА;
- знать области применения БПЛА различных типов, а также их возможные ограничения;
- уметь применять полученные знания для ремонта и диагностики БПЛА;
- применять свои знания в 3D моделирование узлов БПЛА;
- читать и оформлять технологическую документацию;
- летать по трассе с видом от первого лица;
- программировать БПЛА для автономного полета;
- осуществлять навигацию квадрокоптера, и распознавание цветных маркеров используя системы технического зрения;
- владеть научной терминологией, ключевыми понятиями, методами и приемами конструирования, моделирования, программирования в области аэродинамики;
- владеть программами: Компас 3D, Qgroundcontrol, Gazebo;
- владеть информацией с GitBook и уметь ее применять.

#### Метапредметные результаты обучения:

- уметь определять последовательность выполнения действий, составлять инструкции (алгоритмы) в несколько действий;
- формировать универсальные учебные действия (познавательные, регулятивные, коммуникационные), обобщенные способы информационной деятельности при использовании информационных технологий, в том числе при программировании БПЛА для автономного полета;
- развить познавательные интересы, интеллектуальные и творческие способности путем освоения и использования методов и приемов конструирования, моделирования, программирования в области аэродинамики;
- приобрести опыт программирования БПЛА для автономного полета в индивидуальной, групповой и коллективной учебно-познавательной деятельности.

#### Личностные результаты обучения:

- личностное и предпрофессиональное самоопределение через познавательную мотивацию к получению профессий, связанных с программированием БПЛА для автономного полета;
- построение дальнейшей индивидуальной образовательной траектории через получение представления о перспективных направлениях развития методов и приемов моделирования, программирования в области аэродинамики;
- овладение навыками постановки задачи для другого члена команды исходя из специфических знаний по своей специализации;



- осознание стратегической важности для государства, общества и для своего будущего развития БПЛА.

Воспитательный результат занятий можно считать достигнутым, если учащиеся проявляют стремление к самостоятельной работе, усовершенствованию известных моделей и алгоритмов, созданию собственных творческих проектов. Участие в научных конференциях для школьников, выставках, открытых чемпионатах связанных с научно-техническим направлением и беспилотными летающими аппаратами, а также свободное творчество во многом демонстрируют и закрепляют полученные знания стимулируя участника к дальнейшему развитию своих знаний и навыков.

## 2 Учебно-тематический план дополнительной общеразвивающей образовательной программы по направлению «Летающая робототехника»

№ п/п	Наименование разделов (модулей) и тем	Виды учебных занятий, учебных работ				Формы контроля
		Трудоемкость	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
<b>1</b>	<b>Сборка и настройка</b>	<b>35</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	
1.1.	Введение. Знакомство с лабораторией	1	1			Практическая работа №1 Промежуточное тестирование №1
1.2.	Разновидности БПЛА. История развития летательных аппаратов. Применение БПЛА. Виды БПЛА.	2	2			
1.3.	ТБ при пайке и работе с Li-Po аккумуляторами. ТБ при сборке и настройке коптеров, при подготовке к вылету.	2	1	1		
1.4.	Принципы проектирования и строения мультикоптеров	2	2			
1.5.	Основы электричества. Теория пайки	2	2			
1.6.	Пайка узлов квадрокоптера	4	1	3		
1.7.	Сборка рамы квадрокоптера	2		2		
1.8.	Финальная сборка квадрокоптера	4	1	3		
1.9.	Настройка квадрокоптера	5	1	2	2	
1.10.	Аэродинамика полета. Пропеллеры	2	1	1		
1.11.	Учебные полеты. Соревнования.	9	1	3	5	

2	<b>Диагностика и ремонт коптера</b>	6	3	3	0	
2.1.	Поиск неисправностей. Техника безопасности.	4	2	2		Практическая работа №2 Промежуточное тестирование №2
2.2.	Устранение неисправностей. Заполнение дефектной ведомости.	2	1	1		
3	<b>Пилотирование от первого лица (режим FPV)</b>	10	2	8	0	
3.1.	Устройство видео передатчика, видео приемника и камеры для FPV. Пайка навесных элементов	4	1	3		Практическая работа №3
3.2.	Предполетная подготовка. Полеты на дроне в режиме FPV	6	1	5		
4	<b>Программирование. Симулятор.</b>	20	8	12	0	
4.1.	Язык программирования Python	10	4	6		Практическая работа №4
4.2.	Введение в ROS (Robot Operating System)	10	4	6		
5	<b>Программирование квадрокоптера</b>	56	16	37	3	
5.1.	Настройка параметров коптера. Запись образа ОС. Работа с командной строкой Raspberry и ssh клиентом.	5	1	4		Практическая работа №5
5.2.	Работа со светодиодной лентой	4	1	3		
5.3.	Работа с лазерным дальномером	4	1	3		

5.4.	Работа с камерой	2	1	1		
5.5	Способы навигации. Системы координат.	4	1	3		
5.6	Навигация по полю меток	4	1	3		
5.7.	Работа в симуляционной среде Gazebo. Подготовка полигона. Запуск простейших полетных миссий.	10	4	4	2	
5.8	Визуализация полетных миссий с помощью RVIZ в симуляторе.	8	3	4	1	
5.9	Перемещение в заданные координаты. Пролет по заданной траектории с выводом текущих координат.	8	1	7		
5.10	Полет по трассе на дроне и использование функций. Визуализация полетных миссий с помощью RVIZ	8	2	5	1	
<b>6</b>	<b>Программирование и распознавание</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	
6.1.	Компьютерное зрение. OpenCV	10	5	4	1	
6.2.	Перемещение в заданные координаты. Распознавание цветных маркеров, вывод данных в терминал	10	2	8		Практическая работа №6
6.3.	Перемещение в заданные координаты. Распознавание QR-кода, вывод данных в терминал	4	1	3		
<b>7</b>	<b>Захват и перенос груза</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>7</b>		
7.1.	Настройка и калибровка захвата. Захват груза.	4	1	3		Практическая работа №7

7.2.	Захват, перенос и сброс груза.	4		4		
<b>8</b>	<b>Моделирование конструктивного узла коптера</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	
8.1.	Построение 3D объекта по чертежу	9	1	7	1	Практическая работа №8
8.2.	Постановка на 3D принтер. Сборка, монтаж, настройка конструктивного узла.	8	1	2	5	
<b>Итоговая аттестация</b>		Зачет на основании совокупности выполненных работ				
<b>ИТОГО</b>		<b>176</b>	<b>54</b>	<b>110</b>	<b>14</b>	

Образовательный процесс предусматривает развитие природных задатков учеников, реализацию их интересов и способностей. Каждое занятие направлено на обеспечение развития личности обучающегося, следовательно, планирование и проведение занятий проводится в соответствии с личностно-ориентированной технологией и системно-деятельным методом обучения.

Данная образовательная программа предполагает вариативный подход, предусматривающий творческую инициативу со стороны учеников и преподавателя в том, что относится к порядку освоения раздела, использования дополнительных материалов, методики проведения занятий.

Реализуя представленную образовательную программу, преподаватель располагает возможностью, в зависимости от особенностей группы обучающихся, изменять в большую или меньшую сторону уровень сложности учебного материала.

#### **Рекомендуемый дополнительный образовательный блок.**

№ П/П	Наименование разделов (модулей) и тем	Виды учебных занятий, учебных работ				Формы контроля
		Трудоемкость	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
<b>1.</b>	<b>Проектный модуль</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	
1.1.	Погружение в проектную деятельность. Проблематизация. Выбор учебного кейса	2	1	1		Практическая работа №1

1.2.	Анализ специфики кейса, определение базы данных, необходимых для решения задачи. Распределение ролей внутри группы	4	1		3
1.3.	Формирование плана работы. Самостоятельная аналитическая работа	4	1		3
1.4.	Проработка и оформление ТЗ проекта.	4	1		3
1.5.	Промежуточная презентация плана реализации проекта	2	1	1	
1.6.	Практический блок: работа над проектом	14	2	4	8
1.7.	Презентация результатов	2	1	1	
<b>ИТОГО</b>		<b>32</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>17</b>

## 2.1 Содержание разделов и тем

### Модуль 1. Сборка и настройка

**Тема 1.1. Введение. Знакомство с лабораторией.** Знакомство с деятельностью лаборатории / направления, презентация образовательной программы. Знакомство с оборудованием.

**Тема 1.2. Разновидности БПЛА. История развития летательных аппаратов. Применение БПЛА. Виды БПЛА.** Знакомство с историей создания БПЛА. Преимущества и минусы использования, законодательные ограничения, перспективы развития БПЛА мультироторного типа.

**Тема 1.3. ТБ при пайке и работе с Li-Po аккумуляторами. ТБ при сборке и настройке коптеров, при подготовке к вылету.** Ознакомление с правилами техники безопасности при конструировании и эксплуатации квадрокоптеров и последствиями несоблюдения (используя иллюстративный материал).

**Тема 1.4. Принципы проектирования и строения мультикоптеров.** Знакомство слушателей с историей создания и развития мультироторных систем, формирование представления о функциях и возможностях современных мультироторных систем, наглядная демонстрация видов и конфигураций квадрокоптеров. Основы конструирования мультироторных систем.

**Тема 1.5. Основы электричества. Теория пайки.** Природа и физические характеристики электродвижущей силы. Формирование у слушателей представления о тепловом действии электрического тока и его причинах. Принципы строения электрических цепей. Теория пайки, представление инструментов и методики пайки.



**Тема 1.6.** *Пайка узлов квадрокоптера.* Практическая работа: подготовка платы распределения питания (PDB); пайка регуляторов и ВЕС.

**Тема 1.7.** *Сборка рамы квадрокоптера.* Практическая работа: сборка основы для рамы; установка моторов; сборка рамы; монтаж платы распределения питания (PDB).

**Тема 1.8.** *Финальная сборка квадрокоптера.* Практическая работа: перевод пульта в режим PWM; сопряжение приемника и пульта управления; проверка направления вращения моторов; перевод пульта в режим PPM; установка пластины для полетного контроллера; установка полетного контроллера.

**Тема 1.9.** *Настройка квадрокоптера.* Практическая работа: настройка полетного контроллера и калибровка датчиков.

**Тема 1.10.** *Аэродинамика полета. Пропеллеры.* Основные принципы аэродинамики винтов. Представление главных характеристик винта, и их влияния на полетные качества квадрокоптера. Технические таблицы по подбору винтов и моторов.

**Тема 1.11.** *Учебные полеты.* Принципы управления квадрокоптером. Особенности работы полетного контроллера и ПИД регулятора. Представление о принципах расчетов ПИД-регуляторов. Теория ручного визуального пилотирования. Техника безопасности. Процедуры проверки готовности: пилотирование БПЛА визуально, выполнение простейших полетных процедур. Посадка.

## **Модуль 2. Диагностика и ремонт коптера.**

**Тема 2.1.** *Поиск неисправностей. Техника безопасности.* Практическая работа: Определение дефектов, неисправностей и способов их устранения по цифровой или физической модели коптера

**Тема 2.2.** *Устранение неисправностей. Заполнение дефектной ведомости.* Практическая работа: описание дефектов и неисправностей и способов их устранения в дефектной ведомости. Оценка применения профессиональной терминологии. Устранение неисправностей.

## **Модуль 3. Полеты в FPV режиме.**

**Тема 3.1.** *Устройство видеопередатчика, видео приемника и камеры для FPV. Пайка навесных элементов.* Практическая работа: подготовка и установка камеры и передатчика; настройка и подключение FPV-очков.

**Тема 3.2.** *Предполетная подготовка. Полеты на дроне в режиме FPV.* Практическая работа: развитие и отработка навыков FPV пилотирования.

## **Модуль 4. Программирование.**

**Тема 4.1.** *Язык программирования Python.* Знакомство с Python, историческая справка, особенности языка основные типы данных, операции с ними. Запуск программ. Получение результатов. Математические выражения. Знакомство, общее представление об условных операторах и логических выражениях. Разбор базовых принципов работы с операторами и циклами. Практическая работа: обработка, создание и вывод вложенных массивов; ввод, обработка массивов.

**Тема 4.2.** *Введение в ROS (Robot Operating System).* Знакомство с операционной системой ROS: понятие пакета, иерархия папок в файловой системе, компиляция; создание простых нод писателя и читателя; Обмен сообщениями.

## **Модуль 5. Программирование квадрокоптера**

**Тема 5.1.** *Настройка параметров коптера. Запись образа ОС. Работа с командной строкой Raspberry и ssh клиентом.* Способы применения микрокомпьютеров на примере Raspberry Pi. Взаимодействие с unix-подобными системами.

**Тема 5.2.** *Работа со светодиодной лентой.* Установка, настройка, программирование.

**Тема 5.3.** *Работа с лазерным дальномером.* Настройка, способы использования лазерных дальномеров, получение данных.

**Тема 5.4.** *Работа с камерой.* Принцип работы камеры, фокусное расстояние, способы калибровки.

**Тема 5.5.** *Способы навигации. Системы координат. ArUco маркеры.* Способы навигации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Автономные системы навигации, какими они могут быть и что требуется для их создания. Принципы работы ArUco маркеров с камерой.

**Тема 5.6.** *Навигация по полю меток.* Способы программирования автономного квадрокоптера. Написания кода для автономного полета на языке Python и закрепление навыков по использованию unix-подобных систем.

**Тема 5.7.** *Работа в симуляционной среде Gazebo.* Знакомство с симуляционной средой Gazebo. Отработка навыков написания программного кода для автономного полета квадрокоптера.

**Тема 5.8.** *Визуализация полетных миссий с помощью RViz в симуляторе.* Знакомство с инструментом 3D-визуализации (RViz). Визуализировать на 3D-сцене все компоненты робототехнической системы — системы координат, движущиеся части, показания датчиков, изображения с камер.

**Тема 5.9.** *Перемещение в заданные координаты.* Написание программного кода для автономного полета квадрокоптера на физическом полигоне. Пролет по заданной траектории с выводом текущих координат. Подготовка импровизированной полетной трассы и задания для полетной миссии. Запуск и тестирование автономного полета квадрокоптера.

**Тема 5.10.** *Полет по трассе на дроне и использование функций.* Визуализация полетных миссий с помощью RVIZ. Подготовка импровизированной полетной трассы и задания для полетной миссии. Запуск и тестирование автономного полета квадрокоптера с визуализацией полетной миссии на 3D-сцене в режиме реального времени.

## **Модуль 6. Программирование и распознавание.**

**Тема 6.1.** *Компьютерное зрение. OpenCV.* Знакомство с библиотекой компьютерного зрения с открытым исходным кодом (OpenCV). Компьютерное зрение. Знакомство с цветовыми моделями и схемами. Операции с цветом в OpenCV и Python. Простейшие программы для распознавания объектов через камеру ноутбука.

**Тема 6.2.** *Перемещение в заданные координаты. Распознавание цветных маркеров, вывод данных в терминал.* Подготовка программного кода для автономной миссии с распознаванием цветных маркеров, выводом данных в терминал. Тестирование программ на физическом полигоне.

**Тема 6.3.** *Перемещение в заданные координаты. Распознавание QR-кода, вывод данных в терминал.* Подготовка программного кода для автономной миссии с детектированием QR-кодов и цветных маркеров различной формы, знакомство с библиотекой pyZBar. Тестирование программ на физическом полигоне.

## **Модуль 7. Захват и перенос груза.**

**Тема 7.1.** *Настройка и калибровка захвата. Захват груза. Практическая работа: сборка и*

настройка электромагнитного захвата / сборка и настройка механического захвата.

**Тема 7.2.** *Захват, перенос и сброс груза.* Практическая работа: отработка навыков пилотирования: захват, перенос и сброс груза.

## **Модуль 8. Моделирование конструктивного узла квадрокоптера.**

**Тема 8.1.** *Построение 3D объекта по чертежу.* Основы создания чертежей и 3D моделей на примере создания модели конструктивного узла квадрокоптера.

**Тема 8.2.** *Постановка на 3D принтер. Изготовление изделия.* Основы работы с 3D принтером: постановка, печать, постобработка изделия. Монтаж изделия на квадрокоптер, проверка работоспособности изделия.

### 3. Сведения о условиях для реализации учебного процесса

Практические занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной современными персональными компьютерами и программным обеспечением в соответствии с тематикой изучаемого материала. Число рабочих мест в аудитории должно обеспечивать индивидуальную работу обучающегося (или из расчета 1 персональный компьютер/ноутбук на слушателя курса) на отдельном персональном компьютере. Аудитория также должна быть оснащенной современным ПК с подключенным к нему проектором, для обеспечения трансляции видеотерминала на настенный экран, или аналогичным по функциональному назначению оборудованием.

Материальное обеспечение программы включает в себя:

1. Персональные компьютеры с установленным необходимым ПО.
2. Учебные наборы квадрокоптера СОЭХ Клевер 4 WorldSkills Russia с дополнительными ремкомплектами.
3. Кабинет физики, помещение кружка робототехники или авиакружка, демонстрационная или образовательная лаборатория. Данные помещения должны быть оборудованы необходимыми инструментами и материалами, а также обеспечить рабочие места для пайки оборудованные согласно технике безопасности.
4. Преподавательский состав для работы с данным оборудованием должен иметь необходимую квалификацию, навыки и проводить работу с соблюдением требований техники безопасности.
5. Полетный куб с защитной сеткой (минимальный размер 3х3х3 м).

№	Наименование	Тех. описание
1.	Учебный набор квадрокоптера "СОЭХ Клевер 4 WorldSkills Russia"	
2.	Паяльная станция с феном	
3.	Дымоуловитель (Дымопоглотитель) настольный	

4.	Комплексный набор инструментов	<p>Мультиметр; Кусачки;          MicroUSB - USB провод;          Клеевой-Пистолет; Набор надвилей;          Штангенциркуль; Плоскогубцы;          Вороток; Третья рука;          8мм накладная головка; Канцелярский нож;          Большой пинцет; Маленький пинцет;          Губка для паяльника; Паяльник TS100;          Жало для паяльника TS100; Силиконовый коврик для пайки;          Провод для паяльника Ts100; Липо Пищалка;          Ручка; Ножницы;          Линейка металлическая; Рулетка;          Плоскогубцы для моторов; Нех 1.5 Отвертка;          Нех 2 Отвертка; Нех 2.5 Отвертка;          Нех 3 Отвертка; Шлицевая отвертка; Крестовая отвертка;          Отвертка торцевая М3</p>
5.	Ноутбук или Персональный компьютер	<p>Не ниже:          Процессор Core i5-9300HF          Тактовая частота 2.4 ГГц          Максимальная тактовая частота 4.1 ГГц          Количество ядер 4          Объем оперативной памяти 16 ГБ</p>
6.	Коврик для компьютерной мыши	На усмотрение организатора
7.	Компьютерная мышь	На усмотрение организатора
8.	Одноплатный портативный микрокомпьютер Raspberry Pi 4	Дополнительный расходный материал
9.	Wi-Fi роутер	Для обеспечения свободного доступа рабочих станций к сети интернет
10.	Пилот, 6 розеток	Не менее 6 розеток, длина шнура не менее 2 метров
11.	Ремкомплект предназначенный для «COEX Клевер 4 WorldSkills Russia»	На усмотрение организатора

12.	Комплексный набор расходных материалов	<p>Припой оловянно-свинцовый ПОС 61 - 1 шт;          Флюс - 1 шт;          Очиститель жал паяльника - 1 шт;          Набор термоусадочной трубки - 1 уп;          Пропеллеры для мультикоптера с типоразмером 3050 - 1 уп;          Пропеллеры для мультикоптера с типоразмером 5050 - 1 уп;          Алкалиновые батарейки типа АА - 4 шт;          Шлейф для камеры Raspberry Pi 3 model B+ 10см - 1 шт;          Хомут пластиковый 3x200 мм - 50 шт;          Литиевая аккумуляторная батарея, 4S, 2200 mah - 1 шт;          Литиевая аккумуляторная батарея, 3S, 1600 mah - 1 шт;          Салфетки тканевые для уборки - 1 уп;          Телескопичный провод MicroUSB-USB длина не менее 50 см - 1 шт;          Телескопический провод Type-C - 1 шт;          Скотч двухсторонний - 1 шт;          Изолента - 1 шт;          Оплетка для пайки - 1 шт ;          Провод для пайки 30 AWG - 4 цвета по 1 метру;          Стержни для клеевого пистолета - 4 шт.</p>
13.	Очки защитные прозрачные	Обеспечение ТБ при пайке элементов квадрокоптера.
14.	Халат рабочий	Обеспечение ТБ при пайке элементов квадрокоптера.
15.	Перчатки	Свойства: бесшовные вязаные перчатки из полиэстера с полиуретановым покрытием в области кончиков пальцев и ладонной части.
16.	Набор первой медицинской помощи (аптечка)	Кровоостанавливающие средства, бинты, вата и др. На усмотрение организатора.
17.	Проводной интернет	Для обеспечения свободного доступа рабочих станций к сети интернет необходимого оборудования
18.	Электричество: 4 точки на 220 Вольт (не менее 2 кВт) - тройник	Для обеспечения электропитания необходимого оборудования.

19.	Трансформирующаяся модульная полетная зона	Размер полетной зоны (ДхШхВ): 3х3х3м. Ячейка защитной сетки: 40х40мм. Поле аруко-меток. На не бликующей баннерной ткани, размер 2Х2м, не менее 8 агисо-меток Широкие возможности установки дополнительного навесного оборудования
20.	Поле Агисо-меток	Размер меток 33 см, метраж в зависимости от размеров полетной зоны
21.	Стол учебный	
22.	Стул	

#### 4. Методическое обеспечение программы

БУДУТ ДОПОЛНЕННЫ

#### 5. Словарь терминов (гlossарий)

<b>БПЛА</b>	Беспилотный летательный аппарат. Примеры: квадрокоптер, гексакоптер, самолет, летающее крыло, конвертоплан (VTOL), вертолет.
<b>Квадрокоптер</b>	Беспилотный летательный аппарат с 4-мя винтами и электронной системой стабилизации.
<b>Мультикоптер</b>	Беспилотный летательный аппарат с электронной системой стабилизации и числом винтов, равным 3 (трикоптер), 4 (квадрокоптер), 6 (гексакоптер), 8 (октокоптер) или более.
<b>Полетный контроллер / автопилот</b>	1. Специализированная плата, спроектированная для управления мультикоптером, самолетом или другим аппаратом. Примеры: Pixhawk, ArduPilot, Naze32, CC3D. 2. Программное обеспечение для платы управления мультикоптером. Примеры: PX4, APM, CleanFlight, BetaFlight.
<b>Прошивка</b>	Программное обеспечение, управляющее работой какого-либо устройства, например, полетного контроллера или регулятора мотора (ESC).
<b>Мотор</b>	Электродвигатель, который вращает винты мультикоптера. Обычно используются бесколлекторные электродвигатели. Такие двигатели подключаются к ESC.
<b>ESC / регулятор двигателя / "регуль" / Electronic Speed Controller</b>	Специализированная плата, которая управляет скоростью вращения бесколлекторного электродвигателя. Управляется полетным контроллером при помощи широтно-импульсной модуляции (ШИМ). ESC имеет прошивку, которая определяет особенности его работы.
<b>АКБ / аккумулятор / батарея</b>	Перезаряжаемый источник тока для БПЛА. В квадрокоптерах обычно применяются Li-ро (литий-полимерные) аккумуляторы.
<b>Ячейка / "банка" АКБ</b>	Составная часть АКБ, непосредственный источник тока. Обычно АКБ для БПЛА состоят из нескольких (2–6) ячеек, соединенных последовательно. Максимальное напряжение одной Li-ро ячейки – 4.2 В; общее напряжение АКБ равно суммарному напряжению ячеек. Количество ячеек обозначается буквой S, например: 2S, 3S, 4S. В Клевере обычно применяются аккумуляторы 3S или 4S



<b>Пульт аппаратура радиуправления / "аппа"</b>	Пульт для управления квадрокоптером, работающий по радиоканалу. Для работы пульта к полетному контроллеру необходимо подключить ресивер. Клевером, также, можно <u>управлять со смартфона</u> .
<b>Телеметрия</b>	1. Передача данных о состоянии квадрокоптера или другого аппарата на расстояние. 2. Совокупность данных о состоянии аппарата, так таковая (высота, ориентация, глобальные координаты и т. д.). 3. Система для передачи данных о состоянии аппарата или команд для него по воздуху. Примеры: радиомодемы (RFD900, 3DR Radio Modem), Wi-Fi модули (ESP-07). Raspberry Pi на Клевере также может быть использован в качестве модуля для телеметрии: <u>использование QGroundControl через Wi-Fi</u> .
<b>Арминг</b>	Armed – состояние коптера готовности к полету. При поднятии стика газа либо при посылке внешней команды с целевой точкой – коптер полетит. Обычно коптер начинает вращать винтами при переходе в состояние "armed" даже если стик газа находится внизу. Противоположным состоянием является Disarmed.
<b>PX4</b>	Популярный полетный контроллер с открытым исходным кодом, работающий на платах Pixhawk, Pix Racer и других. PX4 рекомендуется для использования на Клевере.
<b>Raspberry Pi</b>	<u>Популярный одноплатный микрокомпьютер</u> , использующийся в конструкторе Клевер.
<b>Образ SD-карты</b>	Полная копия содержимого SD-карты, представленная в виде файла. Такой файл можно загрузить на SD-карту, воспользовавшись специальной утилитой, например Etcher. SD-карта, вставленная в Raspberry Pi является единственным его долговременным хранилищем и полностью определяет, что он будет делать. Конструктор Клевер включает в себя <u>рекомендованный образ для SD-карты</u> .
<b>APM / ArduPilot</b>	Полетный контроллер с открытым исходным кодом, изначально созданный для платы Arduino. Впоследствии был портирован на Pixhawk, Pixracer и другие платы.
<b>MAVLink</b>	Протокол для взаимодействия дронов, наземных станций и других аппаратов по радиоканалам. Обычно именно этот протокол используется для телеметрии.
<b>ROS</b>	Популярный фреймворк для написания сложных робототехнических приложений.
<b>MAVROS</b>	Библиотека-связующее звено между аппаратом, работающем по протоколу MAVLink, и ROS.

<b>UART</b>	Последовательный асинхронный интерфейс передачи данных, применяемый во многих устройствах. Например, GPS антенны, Wi-Fi роутеры или Pixhawk.
<b>IMU</b>	Inertial measurement unit. Комбинация датчиков (гироскоп, акселерометр, магнитометр), которая помогает БПЛА рассчитывать ориентацию и положение в пространстве.
<b>Estimation</b>	<p>Процесс определения ПО полетного контроллера состояния квадрокоптера: положения в пространстве, скоростей, углов наклона и т. д. Для этого используется смешивание данных с установленных датчиков и различные алгоритмы фильтрации, например <u>фильтр Калмана</u>.</p> <p>В прошивке PX4 есть два модуля для estimation'a: LPE и <u>ECL EKF</u> (EKF2).</p> <p>В прошивке APM эту функцию выполняет подсистема <u>EKF2</u>.</p>

1. Учебно - методические материалы // COEX Clover Gitbook URL: <https://clover.coex.tech/ru/metod.html> (дата обращения: 15.07.2021).

2. Контрольные материалы // COEX Clover Gitbook URL: <https://clover.coex.tech/ru/tests.html> (дата обращения: 15.07.2021).

3. Теория и видеоуроки // COEX Clover Gitbook URL: <https://clover.coex.tech/ru/lessons.html> (дата обращения: 15.07.2021).

4. Проектная деятельность // COEX Clover Gitbook URL: <https://clover.coex.tech/ru/projects.html> (дата обращения: 16.11.2020).

5. Организация соревнований // COEX Clover Gitbook URL: <https://clover.coex.tech/ru/events.html> (дата обращения: 15.07.2021).

6. Гурьянов А. Е. Моделирование управления квадрокоптером. Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. Журн. 2014. No8 Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/723331.html> (Дата обращения 15.07.2021)

1. Ефимов. Е. Програмируем квадрокоптер на Arduino: Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/227425/> (Дата обращения 15.07.2021)

2. Институт транспорта и связи. Основы аэродинамики и динамики полета. Рига, 2010. Режим доступа: [http://www.reaa.ru/yabbfilesB/Attachments/Osnovy\\_ajerodtnamiki\\_Riga.pdf](http://www.reaa.ru/yabbfilesB/Attachments/Osnovy_ajerodtnamiki_Riga.pdf) (Дата обращения

20.10.15) Понфиленок О.В., Шлыков А.И., Коригодский А.А. «Клевер. Конструирование и программирование квадрокоптеров». Москва, 2016.

3. 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: <http://technomag.bmstu.ru/doc/367724.html> (дата обращения 17.04.2014).

4. Валерий Яценков: Электроника. Твой первый квадрокоптер. Теория и практика; <http://www.ozon.ru/context/detail/id/135412298/>

5. Л. Шапиро, Дж. Стокман Компьютерное зрение / Бином. Лаборатория знаний, 2006, 752с, ISBN 5-94774-384-1, ISBN 0-13-030796-3