

КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСКА

**Муниципальное АВТОНОМНОЕ общеобразовательное учреждение «Лицей № 67 г. Челябинска»**

Ул. С. Кривой, д.40, г. Челябинск, 454080, тел./факс: (351) 8263-86-86, e-mail: [chelmou-67@yandex.ru](mailto:chelmou-67@yandex.ru), http://[www.chel67.ru](http://www.chel67.ru)

ОГРН 1027403887499, ИНН 7453057054, КПП 745301001, р/сч 40703810190004000994 в ОАО «Челябинвестбанк»,

БИК 047501779, кор/сч 30101810400000000779 в ГРКЦ ГУ Банка России по Челябинской области, г. Челябинск

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ**

**на тему:**

**«Алгоритмы управления беспилотными летательными аппаратами»**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Выполнил (а):  ученик 10-Б класса  Инф-мат профиля  Рожин Фёдор Иванович |
| Наставник  уч. степень, должность  Леонова Елена Анатольевна |

Челябинск, 2024

Содержание

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc160984747)

[ГЛАВА 1. Управление полётом 6](#_Toc160984748)

[1.1 Принципы управления БПЛА 6](#_Toc160984749)

[1.1.1 Типы, цели 6](#_Toc160984750)

[1.1.2 Полёт и стабилизация 7](#_Toc160984751)

[1.2 PID-регуляторы 8](#_Toc160984752)

[Выводы по Главе 1 10](#_Toc160984753)

[ГЛАВА 2. Заголовок 1 12](#_Toc160984754)

[2.1 Заголовок 1 12](#_Toc160984755)

[2.2 Заголовок 2 12](#_Toc160984756)

[Выводы по Главе 2 12](#_Toc160984757)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 13](#_Toc160984758)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 14](#_Toc160984759)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 1 16](#_Toc160984760)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 2 18](#_Toc160984761)

ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность**

Современное общество сталкивается с ускоренным развитием технологий, что порождает новые вызовы и потребности. В данном контексте, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) занимают центральное место как в научных исследованиях, так и в практических применениях. Эта тема стала актуальной благодаря не только прогрессу в области инженерии и авиации, но и возросшему интересу общества к автономным технологиям.

Развитие науки и технологии в области беспилотных систем управления создает уникальные возможности для решения множества задач, от поиска и спасения до коммерческих доставок. Однако, несмотря на обширные исследования в этой области, остаются нерешенными ряд проблем, связанных с безопасностью, эффективностью и взаимодействием БПЛА с окружающей средой.

**Проблема**

В настоящее время существует большой спрос на БПЛА в разных сферах деятельности, а обычные люди решают собирать их для своих целей, но отсутствует такое пособие, которое бы давало полную информацию об алгоритмах управления БПЛА в открытом доступе.

**Цель работы:** разработать профориентационное пособие по задачам программиста систем управления БПЛА в форме веб-сайта.

**Объектом** изучения являются беспилотные летательные аппараты, а **предметом** – алгоритмы управления, направленные на повышение их эффективности и безопасности.

**В соответствии с целью поставлены задачи:**

1. Изучение принципов управления БПЛА.
2. Изучить принципы создания программ для управления БПЛА.
3. Разработать рекомендации по освоению принципов управления БПЛА средствами Arduino.
4. Создать профориентационное пособие по задачам программиста систем управления БПЛА в форме веб-сайта.

# Управление полётом

## Принципы управления БПЛА

### Типы, цели

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) самолётного типа, такие как беспилотные самолеты, предназначены для долгосрочных миссий и разведки. Их управление осуществляется изменением углов атаки и управлением подвижными частями крыльев [2].

Квадрокоптеры, с другой стороны, оборудованы четырьмя моторами и обладают высокой маневренностью. Управление ими происходит путем регулировки оборотов моторов для изменения направления и угла наклона. Квадрокоптеры часто используются для аэросъемки, наблюдения и других развлекательных или промышленных целей. Мы будем рассматривать квадракоптеры, в следствии их высокой популярности в обществе [2].

Квадрокоптеры, получившие широкую популярность, применяются в различных областях, что делает их ключевыми инструментами в современном мире. В сфере доставки, они реализуют бесконтактное доставление товаров, что пользуется популярностью в городах, где доставка по улицам может быть слишком долгой. В медицине квадрокоптеры активно используются для быстрой транспортировки медицинских принадлежностей и даже органов для трансплантации, улучшая реакцию в срочных ситуациях.

Спасательные службы находят в них надежных помощников, применяя квадрокоптеры для эффективного поиска и спасения людей, а также для проведения картографических работ. В сельском хозяйстве они предоставляют точные данные о состоянии почвы и растений, способствуя улучшению сельскохозяйственных процессов [1].

В кинопроизводстве квадрокоптеры обеспечивают новые ракурсы и динамичность кадрам, а в обеспечении безопасности и наблюдении они стали важным средством мониторинга за транспортом, мероприятиями и границами.

### Полёт и стабилизация

Квадрокоптеры используют принципы аэродинамики и механики для уникальных возможностей в трехмерном пространстве. Каждый из четырех моторов отвечает за подъемную силу, регулируя угол установки для вертикального взлета и удержания в воздухе. Регулирование оборотов моторов контролирует высоту полета [1]..

Система контроля с гироскопами и акселерометрами обеспечивает горизонтальную стабильность, предотвращая наклоны. Маневрирование и изменение направления осуществляются через разные скорости оборотов моторов. Регулировка общей тяги влияет на высоту полета, обеспечивая точный контроль [5].

Винты квадрокоптера регулируют тягу через изменение угла атаки лопастей, обеспечивая стабильность и управляемость. Энергия поступает от аккумуляторов, обеспечивая стабильность подъема и устойчивость. Взаимодействие этих принципов и систем автоматизированного управления делает квадрокоптеры маневренными и устойчивыми в различных областях, от развлекательной аэросъемки до медицинских и спасательных задач [1].

Управление полетом квадрокоптера - сложный и высокотехнологичный процесс, осуществляемый полётным контроллером. Он принимает решения, обеспечивая стабильность и точное выполнение команд оператора. Ключевой аспект - регулирование оборотов моторов для создания нужной силы тяги. Полётный контроллер корректирует обороты каждого мотора в реальном времени, анализируя данные от датчиков, гироскопов и акселерометров.

Для определения оборотов моторов используются сложные алгоритмы, учитывающие физические принципы и данные о состоянии квадрокоптера и внешних факторах. Важно также взаимодействие с оператором через управляющее устройство. Джойстики на устройстве передают команды контроллеру, который анализирует их и корректирует обороты моторов.

Эффективная передача данных между полётным контроллером и устройством управления обеспечивается беспроводными протоколами. Управление квадрокоптером - взаимодействие физических принципов, алгоритмов, датчиков и оператора, обеспечивающее маневренность, стабильность и точное выполнение команд в трехмерном пространстве.

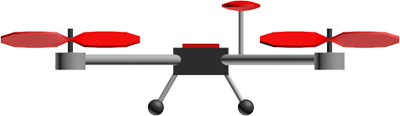
Различные устройства на квадрокоптере играют ключевую роль. Барометр измеряет атмосферное давление, акселерометр - ускорение, гироскоп - угловую скорость, а компас помогает определить направление. Эти приборы предоставляют полётному контроллеру информацию о положении и движении, обеспечивая точное управление и стабильность полета в различных условиях [9].

## PID-регуляторы

PID-регуляторы являются самым распространённым алгоритмом для автоматического управления различных систем: от регулирования температуры термостатом, до стабилизации положения дрона. Существуют и другие, более сложные, системы автоматического управления, но PID-регулятор является одной из самых простых и надёжных [1].

Теперь, следует разобраться, что обозначают буквы P, I, D. Если говорить коротко, то расшифровка данной аббревиатуры будет такова: пропорционально интегрально-дифференциальный регулятор.

Рассмотрим работу данного регулятора на модели квадрокоптера в 2D пространстве. То есть дрон может совершать только изменение угла крена, с помощью левого и правого мотора.



В то время, когда квадрокоптер неподвижен, его моторы вращаются с одинаковой скоростью. Для поворота, нам потребуется увеличить количество оборотов левого мотора, а для того, чтобы квадрокоптер не полетел вверх, нужно также уменьшить скорость оборотов правого мотора.

*left = throttle + force*

*right = throttle - force*

Так *left* и *right* соответственно являются скоростями вращения левого и правого моторов, *throttle* – газ всех моторов для поддержания высоты, *force* – сила, прикладываемая для поворота.

Возьмём ситуацию, в которой дрону поступает сигнал выровняться по горизонту.



Тогда возьмём *error* – разность между желаемым углом и текущим. Данный параметр будет меняться с течением времени. Тогда получаем следующее:

*force = P \* error*

Чем меньше будет скорость измерения error, тем точнее будут движения квадрокоптера. Но одного коэффициента *P* недостаточно, нужно добавить еще несколько, иначе квадрокоптер будет сильно колебаться. Следственно добавим коэффициент *D*, который будет оказывать останавливающую силу.

*(*где *spin* – это скорость изменения *error*).

Из физики можно сказать, что ускорение это производная скорости по времени, тогда:

Также возможно, что один край квадрокоптера весит больше чем другой или один из моторов работает хуже другого. Из этого следует, что квадрокоптер всегда будет тянуть в одну из сторон. Для решения данной проблемы поможет ввод интегрального слагаемого, так как оно зависит от длительного промежутка времени.

В итоге получается формула PID-регулятор:

Параметры P, D, I всегда выставляются вручную методом проб и ошибок для каждого БПЛА.

Данный регулятор с помощью USB провода передаётся на полётный контроллер в виде кода Arduino.

## Выводы по Главе 1

Квадрокоптеры, ставшие неотъемлемой частью современного мира, находят широкое применение в различных областях, начиная от доставки и медицинских операций до сельского хозяйства, кинопроизводства и обеспечения безопасности. Они эффективно выполняют роль в спасательных операциях, а их возможности в аэродинамике и механике обеспечивают уникальные характеристики в трехмерном пространстве.

Физические принципы, лежащие в основе полета квадрокоптеров, разъяснены в главе, где подробно рассмотрены аспекты поддержания вертикального и горизонтального полета. Регулирование оборотов моторов, контроль угловой стабильности и маневрирование достигаются за счет взаимодействия гироскопов, акселерометров и сложных алгоритмов управления.

Управление полетом, представленное как сложный и высокотехнологичный процесс, зависит от полетного контроллера. Этот интеллектуальный центр принимает решения на основе данных датчиков и анализа внешних факторов, обеспечивая стабильность и точность выполнения команд оператора. Взаимодействие с оператором осуществляется через современные технологии связи, обеспечивая мгновенные реакции на изменения среды полета.

Важные роли в этом процессе играют устройства, такие как барометр, акселерометр, гироскоп и компас, предоставляя полезные данные о положении и движении квадрокоптера. Их совместное взаимодействие с полетным контроллером создает эффективную систему управления, обеспечивая не только точное следование указаниям оператора, но и поддержание стабильности и безопасности полета в различных условиях.

Таким образом, глава раскрывает ключевые аспекты управления и стабилизации квадрокоптеров, подчеркивая их роль как маневренных и устойчивых устройств, способных эффективно служить в различных сферах современного общества.

# Создание пособия

## Подготовительный этап

Сейчас у каждого человека есть телефон, компьютер или другие гаджеты для свободного доступа в интернет. Давайте рассмотрим преимущества создания сайта вместо других форматов, таких как буклеты, уроки или презентации:

1. Доступность и широкий охват: Сайты доступны в любое время суток и в любой точке мира. Ваше профориентационное пособие будет доступно для всех интересующихся, независимо от их местоположения.
2. Гибкость и обновляемость: Сайт можно легко обновлять и дополнять новой информацией. Вы сможете вносить изменения, добавлять новые материалы и следить за актуальностью контента.
3. Интерактивность: на сайте можно встроить интерактивные элементы, такие как тесты, опросы, видеоуроки и форумы. Это позволит пользователям взаимодействовать с материалами и задавать вопросы.
4. Поисковая оптимизация (SEO): хорошо оптимизированный сайт будет легко находиться в поисковых системах. Это поможет привлечь больше пользователей и распространить ваше пособие.
5. Профессиональный вид: Сайт выглядит более профессионально и серьезно, чем буклет или урок. Это важно для создания доверия у пользователей.

Теперь о преимуществах написания сайта своими руками:

1. Глубокое понимание: Создание сайта с нуля позволит вам глубже понять его структуру, работу и особенности. Вы сможете лучше контролировать процесс и вносить улучшения.
2. Уникальность: Свой собственный сайт будет уникален и отражать вашу индивидуальность. Вы сможете реализовать свои идеи и внести что-то новое.
3. Развитие навыков: создание сайта — это отличная практика для программистов. Вы научитесь работать с HTML, CSS, JavaScript и другими технологиями.
4. Независимость от конструкторов: Написание сайта своими руками позволит вам избежать ограничений, которые могут быть у конструкторов. Вы сможете реализовать любые свои идеи без ограничений.

Важно помнить, что создание сайта — это инвестиция времени и усилий, но она окупится в виде удовлетворения от результата и улучшения навыков.

## Написание сайта

Сайдбар-меню:

1. Важность: Сайдбар — это навигационный инструмент, который помогает пользователям быстро переходить между разделами сайта. Он предоставляет доступ к ключевым страницам и функциональности.
2. Удобство: Пользователи могут легко найти нужные разделы, так как меню всегда видно на экране. Это упрощает навигацию и сокращает количество кликов.

Контейнеры с главами:

1. Важность: Главы содержат основной контент страницы. Они представляют собой информацию, которую пользователь ищет. Заголовки глав помогают ориентироваться и понимать, о чем идет речь.
2. Удобство: Скруглённые углы контейнеров делают их более приятными для глаза. Изображения и текст внутри контейнеров помогают визуально структурировать информацию.

Изображения:

1. Важность: Изображения привлекают внимание и помогают визуализировать контент. Они могут быть ключевыми для понимания текста.
2. Дизайн: Скруглённые углы и тени изображений делают их более дружелюбными и приятными для восприятия. Они также могут быть кликабельными, чтобы пользователи могли увидеть больше деталей.

В целом, хорошо спроектированный интерфейс обеспечивает удобство использования и помогает пользователям быстро находить нужную информацию.

## Выводы по Главе 2

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Как летает квадрокоптер, пропеллеры и двигатель в подробностях // (28.05.2020) / <https://quadrone.ru/blog/stati/kak-letaet-kvadrokopter-propellery-i-dvigatel-v-podrobnostyakh>
2. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) - Что такое Беспилотные летательные аппараты (БПЛА)? // https://neftegaz.ru/tech-library/aviatekhnika/676518-bespilotnye-letatelnye-apparaty-bpla-/
3. Теория и практика БПЛА, или как я учился в Школе дронов МАИ // https://habr.com/ru/companies/first/articles/705836/
4. Виды квадрокоптеров: основные типы, виды и цели - Hellhog – блог / Дата: 11 марта 2016 // http://hellhog.ru/copterhowto/149-vidy-kvadrokopterov
5. Метод стабилизации положения и управления квадрокоптером в пространстве с использованием данных инерциальных и визуальных сенсоров - Фундаментальные исследования (научный журнал) // Автор: Логачев В.Г., Минин И.В. / https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39288
6. Первый полет (First Flight) - ArduPilot Mega // http://ardupilot-mega.ru/index.php/manuals/firstflight
7. Как использовать квадрокоптер, и какие правила полетов появились в … // https://www.fotosklad.ru/expert/articles/kak-ispolzovat-kvadrokopter-i-kakie-pravila-poletov-poavilis-v-rossii/
8. Как управлять квадрокоптером: научим управлению дронов - советы по … // Дата: 9 июня 2022 / https://blog.eldorado.ru/publications/kak-upravlyat-kvadrokopterom-rasskazyvaet-videograf-33417
9. Как работает квадрокоптер, как им управлять — 5 разделов для новичков // https://www.moyo.ua/news/kak-ustroen-i-kak-rabotaet-kvadrokopter-otvety-na-2-voprosa-osobennosti-upravleniya.html
10. Как управлять квадрокоптером: советы и видео-инструкция // <https://dronnews.ru/o-dronakh/kak-upravlyat-kvadrokopterom.html>
11. Уроки Ардуино. ПИД регулятор // Заметки Ардуинщика: <https://www.youtube.com/watch?v=rIbWnB26dp0>

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Глоссарий (основные термины)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Термин | Значение | Источник |
|  | Квадрокоптер (дрон, коптер) | это беспилотный летательный аппарат, он управляется дистанционно, чаще всего с пульта или со смартфона. В воздухе дрон держится за счет нескольких винтов, крутящихся в разных направлениях. | https://www.mvideo.ru/blog/pomogaem-razobratsya/kak-vybrat-kvadrokopter-s-videokameroj-dlya-nachinayuschih |
|  | Тангаж | угловое движение летательного аппарата или судна относительно главной (горизонтальной) поперечной оси инерции. | https://ru.wikipedia.org/wiki/Тангаж |
|  | Крен | поворот объекта (судна, самолёта, фундамента) вокруг его продольной оси (см. также продольная ось самолёта). | http://ru.wikipedia.org/wiki/Крен |
|  | Рыскание | угловые движения самолета относительно вертикальной оси, а также небольшие повороты вправо и влево. | https://ru.wikipedia.org/wiki/Рыскание |
|  | Гироскоп | это устройство, используемое для измерения или поддержания ориентации и угловой скорости. Это прялка или диск, в котором ось вращения (ось вращения) может свободно принимать любую ориентацию сама по себе. | https://ru.wikipedia.org/wiki/Гироскоп |
|  | Акселерометр | прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением). Как правило, акселерометр представляет собой чувствительную массу, закреплённую в упругом подвесе. | https://ru.wikipedia.org/wiki/Акселерометр |
|  | PID-регулятор | Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор – устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса. | https://ru.wikipedia.org/wiki/ПИД-регулятор |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Представление проектного продукта

Варианты представления:

Слайды

Скриншоты

Фотографии

Документы