

## АВТОМАТИЗАЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Фомин Д.И.<sup>1</sup>

Научный руководитель – ассистент Мараев А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В данной работе будут рассмотрены методы автоматического управления в системах управления посадкой и обнаружения препятствий квадрокоптерами при помощи фазовых и импульсных дальномеров.

### Введение

Все большую популярность получают беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в виде мультикоптеров, а чаще – квадрокоптеров, представляющих из себя платформу с четырьмя роторами, винты которых вращаются в разных направлениях для разных диагоналей. Для автономной работы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) необходима система обнаружения препятствий на пути их следования, а также система самостоятельной посадки. Система посадки реализована при помощи фазовых дальномеров, а система обнаружения препятствий — при помощи импульсных. Система посадки позволяет приземляться на наклонную площадку, так как обеспечивает снижение дрона параллельно поверхности.

### Принципы действия дальномеров

Импульсный дальномер посылает импульсы через равные промежутки времени и рассчитывает дальность до объекта, через скорость света и время которое свет прошел расстояние до объекта и вернулся.

Фазовый дальномер постоянно излучает модулированный сигнал и по разности фаз интенсивностей излучаемого и полученного сигнала в данный момент времени определяет дистанцию. Отраженное от объекта излучение принимается фотоприемником, и его фаза сравнивается с фазой опорного сигнала. Наличие задержки при распространении волны создает сдвиг фаз, который и измеряется дальномером.

Дальность действия фазового дальномера не может превышать дальность, заданную частотой модуляции сигнала, в отличии от импульсного дальномера, дистанция работы которого не ограничена ничем, кроме дальности распространения излучения и его изначальной мощности. Однако импульсный дальномер имеет меньшую точность, так как она зависит от точности встроенного таймера, характеристик среды и точности расчета, в отличии от фазового дальномера, точность которого определяется дискретностью приемника.

### Применение дальномеров для беспилотных летательных аппаратов

Для обнаружения препятствий важна дальность работы системы, но не так важна точность, импульсный дальномер наиболее подходящий тип для этой системы. Дистанция работы каждого дальномера в системе определяется максимальным размером препятствия и скоростью дрона, относительно препятствия, а также скоростью маневрирования дрона.

Высота, при которой автоматически управляемый квадрокоптер начинает маневр точной посадки, обычно составляет около 3–5 метров, значит при посадке период модуляции должен быть подобран для этого расстояния.

### Система управления

Метод облета препятствий, с использованием импульсного дальномера, предполагает наличие «грубого» маршрута, построенного вручную по точкам, либо с помощью методов навигации GPS или ГЛОНАСС. Таким образом, в данном методе рассматривается облет малогабаритных препятствий, так что препятствия можно облетать в горизонтальной плоскости.

При работе системы каждый дальномер показывает расстояние от дрона до препятствия или не получает обратный сигнал (когда в этом направлении нет препятствий в зоне действия дальномера). При обнаружении препятствия в направлении следования сигнал передается на блок управления БПЛА, который в свою очередь изменяет направление движения в зависимости от заданного курса и информации с остальных датчиков расстояния.

Для выбора дистанции работы дальномера необходимо учесть скорость полета дрона и время маневрирования. Максимальная скорость наиболее распространенных на рынке дронов не превышает 60–70 км/ч, но обычно скорость полета около 40 км/ч, или 11 м/с.

Маневр отклонения от курса состоит из двух этапов: этапа инерции, то есть время от получения команды начала движения до набора скорости маневрирования, которое составляет 0,4–0,5 с, и самого этапа маневрирования с постоянной скоростью, равной 2 м/с.

Для кругового обзора на дрон установлено 4 таких дальномера, один для обнаружения препятствий на пути следования (его дальность зависит от скорости полета), остальные три, установленные по сторонам, предназначены для обнаружения более мелких препятствий.

Дистанция работы переднего дальномера принята 16,5 м, а боковых и заднего — 5 м. Но для снижения влияния негативных факторов можно увеличить эти значения в 1,5 раз, тогда дистанция работы равна 25 и 7,5 м соответственно. Для эффективной работы на таких дальностях сила света должна быть равна 150 кВт/ср, для дальности в 25 м и 80 кВт/ср для дальности в 7,5 м. Такие мощности могут обеспечить источники EP-3872 с подводимой мощностью 3,8 Вт и EP-3964 с подводимой мощностью 1,9 Вт соответственно, в качестве приемника излучения используется линейка ИК светодиодов HPL-256I-100.

### **Система посадки**

Для работы системы посадки необходимо и достаточно трех основных и одного вспомогательного дальномера. Вспомогательный дальномер, излучение которого модулировано по амплитуде на максимальную дальность, нужен только для активации системы точной посадки, при снижении высоты до заданного значения.

После активации системы посадки три датчика расстояния, находящиеся на самых удаленных от центра дрона частях, не просто измеряют расстояния до поверхности, они сравнивают показания каждого дальномера и в зависимости от этого увеличивают или уменьшают мощность двигателей. Так как тремя точками в пространстве можно однозначно задать плоскость, то в каждый момент времени аппарат будет направлен параллельно поверхности.

Начальная высота необходимая для стабилизации и точной посадки квадрокоптера равна 3–5 м. Тогда для активации системы посадки можно принять максимальную дистанцию работы грубого дальномера можно взять на 20 % больше максимальной необходимой высоты точной посадки, а фазовые дальномеры системы точной посадки промоделировать так, что минимальная дистанция работы была 3 м, а максимальная – 5 м. Для эффективной работы на таких расстояниях сила излучения должна быть равна 15 и 20 Вт/ср соответственно. Такая сила излучения может быть обеспечена источником EP-3964 с подводимой мощностью 2,2 Вт для грубого дальномера, а для остальных трех будет достаточно гармонически модулированной подводимой мощности со средним значением 1,7 Вт и амплитудой 0,2 Вт.

### **Заключение**

В данной работе были исследованы системы управления и посадки на основе оптических дальномеров. Система посадки при помощи оптических дальномеров имеет явное преимущество над посадкой по уровню, так как может быть применима на неровных участках поверхности и на склонах. В данной работе выбран и описан метод системы автоматического управления БПЛА, рассчитана дистанция работы системы, которая составила 25 метров, для переднего дальномера и 7,5 для боковых. выбраны элементы системы EP-3872 и EP-3964, для системы управления и EP-3964, для системы посадки.

В дальнейшем планируется однозначно описать положение объекта, по полученному сигналу, и разработать механизм управления, по полученным данным.