

## МЕТОДЫ НАВИГАЦИИ БПЛА

**Холод П.В.**

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время существенно расширяются сферы применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА): кинематографическая съёмка, освещение массовых мероприятий, поиск пропавших людей, инспекция объектов, составление карт местности, патрулировании территорий, контроль сельскохозяйственных площадей, исследование месторождений полезных ископаемых, применение в военной сфере, инспекция железнодорожных путей и т.д. Среди них наиболее распространёнными являются БПЛА мультироторного (квадрокоптеры, гексакоптеры, октокоптеры и т.д.) и самолётного типов. Тип БПЛА оказывает существенное влияние на тип решаемых с его помощью задач, способ управления, время автономной работы, дальность и скорость полёта. БПЛА самолётного типа используют классические виды топлива и характеризуются высокой скоростью и дальностью полёта. БПЛА мультироторного типа используют питание от электрического аккумулятора, имеют значительно меньшие скоростные характеристики, однако обладают повышенной точностью позиционирования, простотой взлёта и посадки, высокой мобильностью, что недоступно БПЛА самолётного типа [1].

БПЛА применяются как на открытых пространствах, так и в замкнутых (промышленные и военные объекты). БПЛА самолётного типа применяются только на открытых пространствах, а БПЛА мультироторного типа как на открытых, так и в замкнутых. Характер местности оказывает сильно влияет на требования к системам навигации: как на аппаратную составляющую (применяемые датчики и модули), так и на программную (алгоритмы определения положения, ориентации и генерации траектории полёта) [2].

Основным источником информации о местоположении для большинства БПЛА является модуль, использующий одну из спутниковых систем навигации (GPS, ГЛОНАСС, BeiDou, Galileo). Однако данный метод имеет существенные ограничения: высокая стандартная погрешность показаний (как правило, 5-10 м), высокая величина ошибки показаний на местности со сложными условиями для прохождения спутникового сигнала (здания, леса, горная местность и т.д.). Поэтому БПЛА комплектуются дополнительными датчиками и модулями для более точного позиционирования и ориентации.

В контексте ориентации это в первую очередь акселерометры и гироскопы, служащие в связке для точного определения ориентации БПЛА (углов рысканья, тангажа и крена), устанавливаемые по каждой из трёх

осей. Также распространённым способом корректировки позиционирования БПЛА является радиолокационный метод связи с наземной станцией, положение которой точно известно (по аналогии с навигацией в обычной авиации). Данный метод, как и системы спутниковой навигации, актуален только на открытых пространствах без помех для прохождения сигнала [1].

Для навигации в замкнутых пространствах и пространствах с высокой плотностью объектов применяются лазерные, оптические, ультразвуковые датчики расстояния, работающие по принципу активных дальнометров, когда излучение определённой природы испускается в направлении объекта, затем приёмником улавливается отражённое излучение и по известной скорости распространения излучения и измеренному времени его возврата вычисляется расстояние до объекта. Подобные датчики применяют для БПЛА мультироторного типа и устанавливают по каждой из сторон для более высокой точности позиционирования [2].

У большинства БПЛА спереди либо снизу устанавливается камера. БПЛА может управляться как оператором, так и работать в автономном режиме. При управлении оператором камера служит источником информации для оператора о местоположении БПЛА и объектах поблизости, что позволяет формировать точную траекторию полёта в обход препятствий. При автономном полёте применяются системы технического зрения. Для коптеров в замкнутых пространствах может быть использован алгоритм определения расстояния по сравнению размеров изображений в исходной точке начала измерений и действующей. Более широко использование целевой нагрузки в навигации БПЛА распространено в БПЛА самолётного типа. Среди основных методов можно выделить: 1) навигацию по контрольным точкам, когда БПЛА при прохождении маршрута осуществляет поиск заранее определённых объектов с известными координатами; 2) навигацию по рельефным кадрам, когда непрерывно осуществляется сопоставление рельефной карты, получаемой с БПЛА, ранее созданной рельефной карте; 3) навигацию по местности, когда предварительно было произведено большое количество снимков местности и БПЛА периодически делает снимки местности, сравнивая их с имеющимися в базе данных [3].

1. Микросистемная авионика: учебное пособие / В. Я. Распопов. – Тула «Гриф и К», 2010. – 248 с.

2. Gao, F.; Wu, W.; Gao, W.; Shen, S. Flying on point clouds: Online trajectory generation and autonomous navigation for quadrotors in cluttered environments. *J. Field Robot.* 2019, 36, 710–733.

3. Семенова, Л. Л. Современные методы навигации беспилотных летательных аппаратов / Л. Л. Семенова // Наука и образование сегодня. – 2018. – № 4(27). – С. 6-8.