

УДК 623.746.-519

## О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ БПЛА

*Бавбель Е.И., Анискевич А.С.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – канд. техн. наук, доцент*

**Аннотация.** В статье описана система позиционирования для управления беспилотными летательными аппаратами. По результатам анализа сделан вывод о том, что данная система способна обеспечить выполнение требований к точности и целостности для управления беспилотными летательными аппаратами.

**Ключевые слова.** Беспилотный летательный аппарат, БПЛА, GNSS, высокоточное позиционирование.

**Введение.** Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) давно перестали быть только игрушкой, либо инструментом в руках военных компаний. В последнее время БПЛА используются в различных коммерческих и гражданских сферах, таких как логистика при доставках грузов, внутрипроизводственное применение для решения задач инвентаризации, предоставление картографической информации при строительстве, или поиске на местности, наблюдение за растениями в сельскохозяйственных интересах, повышение оперативности и безопасности в работе с ЛЭП и электроэнергетикой в целом [1]. Отдельного упоминания заслуживают системы, дополнительно устанавливаемые на БПЛА, расширяющие возможности применения. К ним относятся камеры ночного видения, тепловизоры, различные специализированные датчики и решения, применяемые в конкретных производствах.

Не всегда за летательным аппаратом производится прямой контроль, например, при автоматическом патрулировании. Возможна ситуация, в которой аппарат отправляет фото-видеофрагмент, а оператор не знает точного места определения в пространстве, с которого производилась съемка. В таком случае возникает вопрос высокоточного позиционирования летательного аппарата в пространстве для дальнейшей отправки этих данных в пункт управления совместно со снятыми материалами.

**Основная часть.** Высокоточное позиционирование – совокупность методов определения пространственного положения объектов и его изменения со временем.

Высокоточное позиционирование БПЛА осуществляется посредством глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Для приема сигналов со спутников на борту беспилотника устанавливаются ГНСС антенны и *ОЕМ*-платы (ГНСС приемники).

*GNSS* основывается на вычислении местоположения на поверхности Земли путем измерения псевдодальностей как минимум от трех спутников с известным местоположением. Четвертый спутник также позволит рассчитать высоту. Приемники спутниковой навигации сокращают ошибки за счет использования комбинации сигналов от нескольких спутников, а также различных стратегий (например, методов фильтрации Калмана) для объединения всех данных, подверженных шуму, для обеспечения оценки положения, времени (*UTC*) и скорости [2].

Современные системы высокоточного позиционирования на базе *GNSS*-оборудования обладает следующими преимуществами по сравнению с традиционными методами [2]:

- позиционирование не требует дополнительной камеральной обработки измерений, результаты определений отображаются в реальном времени на дисплее оператора;
- высокая точность определений (до 1-2 см);
- высокая надежность получаемых данных;
- максимальная автоматизация определений;

– всепогодность: позиционирование может выполняться в любую погоду, 24 часа в сутки;

– безопасность персонала.

В случае если есть необходимость высокоточного определения таких параметров, как курс, крен и тангаж, беспилотный летательный аппарат оснащается бесплатформенной инерциальной навигационной системой.

ГНСС антенны, равно, как и ГНСС приемники (*OEM*-платы), могут принимать сигналы от одной или от нескольких ГНСС систем. Например, работать только от системы *GPS* или быть мультисистемными и принимать сигналы со спутников *GPS*, ГЛОНАСС, *Galileo*, *Beidou*, *QZSS*, *IRNSS* и других.

Чем больше спутников будет задействовано в позиционировании БПЛА, тем быстрее и надежнее будет решение.

Фактическая траектория полета БПЛА по полетному заданию может быть уточнена (более качественно вычислена) в специализированном программном обеспечении.

Система позиционирования БПЛА обычно состоит из модуля глобальной системы позиционирования (*GPS*) и модуля инерциальной навигационной системы (*INS*). Модуль *GPS* предоставляет высокоточную информацию о местоположении, включая информацию о местоположении и информацию о скорости, но *GPS* уязвим для внешних помех, поэтому сигнал *GPS* легко потерять. Более того, частота измерений *GPS* низкая и не может удовлетворить потребности системы позиционирования БПЛА в реальном времени. Модуль *INS* обладает сильной защитой от внешних помех, а частота измерения также намного выше, чем у *GPS*. Он может удовлетворить спрос в реальном времени. Но модуль *INS* накапливает ошибку измерения, которая может привести к дрейфу при длительном измерении. *GPS* и *INS* характеризуются дополнительными преимуществами. Информация о местоположении *GPS* может использоваться для исправления ошибок *INS* на основе технологии слияния данных, что может повысить точность измерения *INS*.

Стоит отметить, что важным источником помех является сам БПЛА. Ограниченное пространство, доступное в беспилотных летательных аппаратах, приводит к тому, что антенна *GNSS* физически находится рядом с бортовыми электрическими и электронными системами. Это делает его уязвимым для проблем электромагнитной совместимости, которые могут снизить общую производительность приемника. На рисунке 1 изображена типичная система беспилотных летательных аппаратов.

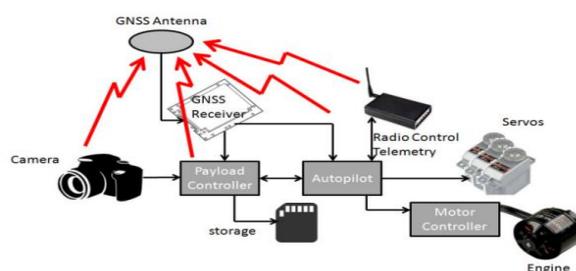


Рисунок 1 – Типичные электронные системы БПЛА

Высокоточное позиционирование на БПЛА обеспечивается вполне небольшими модулями, к примеру *SinoGNSS K706* [3] – Российская разработка двухчастотная ГНСС-плата для надежного позиционирования в автономном и RTK режимах, что позволяет использовать ее в составе БПЛА. *SinoGNSS K706* – двухчастотная ГНСС-плата для надежного позиционирования в автономном и RTK режимах. Встроенная память 8Гб. Благодаря компактным размерам *K706* идеально подойдет для установки на БПЛА и другие подвижные платформы.

Ориентирование БПЛА можно также реализовать как показано в статье [4]. В работе предложен и описан метод позиционирования БПЛА без использования систем спутниковой навигации, с применением данных, полученных с бортового фото-видео регистратора и заранее загруженных данных о местности. Принцип метода построен на действиях, который

совершает человек, ориентируясь на местности. Система, построенная на основе предложенного метода, позволит построить карту ориентиров местности, которую БПЛА должен исследовать, и не потеряться при следующих полетах по маршрутам на местности, которую уже ранее облетали, а также составить маршрут аварийного полета по известным ориентирам. Так как ориентиры могут находиться на значительном удалении друг от друга, то обновление местоположения происходит нерегулярно, а за счет действия внешних процессов (например, ветра) БПЛА «уходит» от заданного курса. В работе описывается алгоритм построения управляющего сигнала (выбора направления движения), частично компенсирующий эти негативные факторы. Для уменьшения отклонения БПЛА от траектории при полете от объекта до объекта предложено использовать алгоритм оптимизации полета.

В статье [5] также описан метод, используемый для высокоточного позиционирования малоразмерных БПЛА на основе RTK [6] и национальной службе коррекции SAPOS для высокоточного позиционирования.

**Заключение.** Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что задача высокоточного позиционирования беспилотных летательных аппаратов актуальна и имеет различные пути реализации. Описаны существующие решения в данной сфере и представлены некоторые исследования касающиеся темы статьи.

#### *Список литературы.*

1. ГЕОСКАН ПИОНЕР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pioneer-doc.readthedocs.io/ru/master/database/base-module/sphere/sphere.html>
2. Эффективные технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eftgroup.ru/sea-survey>.
3. Orient Systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://orsyst.ru/oem/k706>.
4. Амелин, К.С. Метод ориентирования сверхлёгкого БПЛА при редком обновлении данных о его местоположении / К.С. Амелин // Стохастическая оптимизация в информатике. – 2014. – Т.10. – С. 3-14.
5. CORE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/207303323.pdf>.
6. System Solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://systemnet.com.ua/rtk/>.

UDC 623.746.-519

## **ON THE NECESSITY OF APPLICATION OF HIGH-PRECISION POSITIONING SYSTEMS WHEN BUILDING A UAV**

*Bavbel E.I., Aniskevich A.S.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Alexeev V.F. – PhD of technical sciences*

**Annotation.** The article describes a positioning system for controlling unmanned aerial vehicles. Based on the results of the analysis, it was concluded that this system is capable of meeting the accuracy and integrity requirements for the control of unmanned aerial vehicles.

**Keywords.** Unmanned aerial vehicle, UAV, GNSS, high-precision positioning.