

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Д. А. Сахарук, В. В. Шаболтнев

Научноисследовательская лаборатория технического сопровождения системных проектов,
научно-производственный центр, Военная академия Республики Беларусь

Минск, Республика Беларусь

E-mail: Saharyk@mail.ru

В докладе рассмотрены вопросы обоснования облика, компоновочной схемы и состава перспективного беспилотного авиационного комплекса (БАК) малой дальности. Представлены основные этапы проектирования беспилотного летательного аппарата. Рассмотрены различные аспекты проектирования бортового радиоэлектронного оборудования БЛА. Приведены результаты использования БАК по назначению.

ВВЕДЕНИЕ

Высокая эффективность, технологичность, относительно низкая стоимость и простота эксплуатации стали причиной активного развития беспилотной авиации Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны Республики Беларусь. Работы по исследованию возможности разработки БАК в Республике Беларусь ведутся в Военной академии с 2005 года. Используя данный опыт в 2012 г. в Военной академии была начата инициативная опытно-конструкторская работа по «Разработке тактического беспилотного авиационного комплекса оптико-электронной воздушной разведки ближнего действия». В 2014 году разработанный беспилотный авиационный комплекс успешно прошел государственные испытания и принят на вооружения Вооруженных Сил Республики Беларусь [1].

I. ОСОБЕННОСТИ ИЗДЕЛИЯ БАК ВР-12

Особенностями комплекса является использование беспилотного летательного аппарата (БЛА) с компоновочной аэродинамической схемой «летающее крыло», а также бортового пилотажно-навигационного комплекса (ПНК) построенного на микроэлектромеханических датчиках низкой точности.

Пилотажно-навигационного комплекс является ключевым элементом бортового оборудования БЛА и представляет собой связанные между собой навигационную и пилотажную системы, образующие многорежимный и многоканальный контур управления движением беспилотного летательного аппарата по заданной пространственно-временной траектории.

В рамках опытно-конструкторской работы (ОКР) Военной академией совместно с предприятиями Республики Беларусь, был разработан и изготовлен опытный образец ПНК.

Основными факторами, влияющими на выбор структуры и состава ПНК малоразмерного БЛА, являются не только точность и надежность определения пилотажно-навигационных

параметров, но и энергопотребление, масса, геометрические размеры и стоимость.

II. ОСОБЕННОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Применение бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) на базе датчиков первичной информации, изготовленных по MEMS-технологии, позволяет отказаться от использования в ПНК БЛА громоздких и дорогостоящих гиросtabilизированных платформ и значительно снижает стоимость, энергопотребление, массу и габариты навигационного комплекса в целом. Однако, MEMS датчикам присущи следующие недостатки [2]:

- дрейфы характеристик выходного сигнала;
- нестабильность характеристик от запуска к запуску;
- низкая чувствительность.

Следствием чего являются существенные дрейфы аналитической вертикали, реализуемой в навигационной системе БЛА, путем решения кватернионного уравнения вида [3]

$$\frac{d}{dt}(\lambda_{nor}^{sv}) = \frac{1}{2}(\lambda_{nor}^{sv} \times \omega_{sv}^{abs} - \omega_{nor}^{otn} \times \lambda_{nor}^{sv}), \quad (1)$$

где \times - знак кватернионно умножения.

На отдельных этапах полета дрейфы вертикали достигают 700 град/ч. Особенно это характерно для этапов взлет беспилотного летательного аппарата с катапульты, посадки на парашюте и активного маневрирования.

Указанные недостатки МЭМС датчиков компенсируются путем использования алгоритмов предварительной калибровки, построенных на основе знания математических моделей их ошибок и введением в кватернионное уравнение ориентации (1) не только интегральной, но и позиционной (маятниковой) коррекции как на этапе начальной выставки, так и на этапе функционирования навигационного комплекса в полете.

Позиционная коррекция кватерниона ориентации осуществлялась путем совместной оценки углового положения БЛА по информации, получаемой как от микроэлектромеханических датчиков угловых скоростей, так и от микроэлектромеха-

нических датчиков и линейных ускорений алгоритмами дискретного оптимального оценивания, построенными на базе фильтра Калмана.

Однако классический алгоритм оптимального оценивания эффективен при отсутствии ускорений БЛА, вызванных активными силами, когда кажущаяся вертикаль (вектор наблюдения) совпадает с истинной, однако в реальном полете, вследствие маневрирования БЛА, погрешности определения углов Эйлера могут быть значительными.

Для уменьшения методических погрешностей алгоритма БИСКВ, вызванных активными ускорениями БЛА, предусматривают: компенсацию выраженных погрешностей; возможность существенного уменьшения скорости позиционной коррекции при ускорениях, превышающих заданное пороговое значение путем введения механизма ϵ -механизации линейного фильтра Калмана.

Идея метода состоит в изменении веса текущих измерений путем изменения коэффициента усиления оптимального фильтра.

III. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Особенности построения системы автоматического управления (САУ) полетом БЛА изделия БАР-12 являются использование четырехканальной, перекрестной, двухконтурной системы автоматического управления полетом БЛА путем отклонения рулевых аэродинамических поверхностей – ЭЛЕВОНОВ [4], и выдачи управляющих сигналов на регулятор оборотов электродвигателя.

Функционально САУ БЛА включает подсистемы:

1. автоматической балансировки;
2. управления заданным угловым положением БЛА;
3. управления заданным пространственным положением БЛА;
4. управления заданной скоростью полета;
5. управления взлетно-посадочными устройствами (парашютом).

IV. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

БАР-12 неоднократно использовался в различных мероприятиях Вооруженных Сил.

Так в рамках совместных учений Комплексных сил оперативного реагирования Организации договора о коллективной безопасности (ОДКБ), БАР-12 зарекомендовал себя как высокоэффективное средство ведения воздушной разведки. Также на полигонах была подтверждена работоспособность комплекса в широком диапазоне температур (от -20 до + 40 °С) и ветровых нагрузок (ветер 14 – 16 м/с, порывами до 20 м/с), так и при различных атмосферных явлениях (дождь, снег).

БАР-12 участвовал в программе специальных сравнительных испытаний нескольких БАР тактического уровня. Основной целью которых, было подтверждение предельных характеристик дальности, продолжительности полета БЛА. Точности определения координат наземных объектов и оценка эффективности ведения воздушного наблюдения расчетом из двух человек. Надо отметить, что все заявленные тактико-технические характеристики БАР-12 полностью подтвердил. Полученный результат позволил провести испытания БАР не только как автономного средства видовой разведки, но и как основного разведывательного элемента ударных комплексов различного назначения. Дальнейшим развитием БАР тактического уровня является его интеграция в многофункциональный информационно-управляющий системы. Разработка подобной информационно-управляющей системы ведется в Военной академии в рамках работ Государственной программы прикладных научных исследований.

1. *Тактический беспилотный авиационный комплекс оптико-электронной воздушной разведки ближнего действия. Изделие БАР-12: Комплект РКД, ПД, ЭД ОКР ФУИМ.12.00.00.000 / ВАРБ, рук. темы С.В.Кругликов – Минск, 2013. – 253 с. – Инв. № 1837/13*
2. *Сахарук, Д.А. Математическая модель ошибок микроэлектромеханических датчиков / Д.А. Сахарук, В.П. Шабанов // Вес. ВАРБ. – 2010. – № 4(33). – С. 100–106.*
3. *Ориентация и навигация подвижных объектов / Б.С. Алешин [и др.]; под общ. ред. С.В. Алешина, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморского. – М.: Физматлит, 2006. – 424 с.*
4. *Красовский, А.А. Системы автоматического управления летательных аппаратов / А.А. Красовский, Ю.А. Вавилов, А.И. Сучков. – М.: ВВИА, 1986. – 478 с.*