

Васьков Алексей Геннадьевич

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

г. Москва

Клычников Владимир Владимирович

студент

ФГБОУ ВО «Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана»

г. Москва

РАЗРАБОТКА НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

***Аннотация:** в статье рассмотрены методы комплексирования навигационных систем и выбран метод, предполагающий использование минимального количества источников информации. Программно-математическое обеспечение навигационных комплексов позволяет осуществлять комплексную обработку информации, поступающей от разных датчиков, и осуществлять коррекцию систем и комплексов.*

***Ключевые слова:** навигационный комплекс, беспилотный летательный аппарат, инерциальная навигационная система.*

В связи с усложнением задач, которые решаются с использованием навигационных систем, большое количество различных систем и датчиков навигационной информации позволяют осуществлять комплексную обработку информации. Совместная обработка информации от нескольких датчиков или систем называется комплексированием. Совокупность алгоритмически связанных навигационных систем и датчиков называется навигационным комплексом (НК) [12].

Включение в состав НК оборудования, разнообразного как по принципу действия, так и по характеристикам, обеспечивает решение навигационных задач практически в любых условиях полёта беспилотного летательного аппарата (БЛА).

Инерциальные датчики, такие как инерциальная навигационная система (ИНС) отличаются высокой точностью и автономностью [11].

Спутниковые навигационные системы (СНС) отличаются высокой точностью, но подвержены влиянию помех и не являются автономными [10].

Радионавигационные системы, такие как радиотехническая система ближней навигации, автоматический радиокompас и маркерный приёмник и пр. позволяют использовать наземные средства навигации, но являются неавтономными и обладают меньшей точностью [7].

Автономные системы, такие как система воздушных сигналов, доплеровский измеритель скорости и сноса и др., обладают высокой надёжностью и автономностью, но имеют низкую точность [5].

В настоящее время развивается два подхода к идее комплексирования, а именно использование минимального количества датчиков, входящих в состав НК и использование наибольшего количества комплексизируемых датчиков [4; 6].

Первый подход находит широкое применение в современных НК БЛА и не требует больших вычислительных затрат. Подобные НК обычно включают ИНС и GPS, ИНС и датчик навигационного поля [3].

В интегрированных ИНС / СНС-системах появляется возможность использовать недорогие ИНС, построенные на MEMS чувствительных элементах. Достоинством таких инерциальных систем являются малый вес и компактные размеры, но автономное использование их затруднено ввиду нестабильности характеристик микроэлектромеханических гироскопов и акселерометров, что ведет к быстрому накоплению ошибки в определении навигационных данных.

Второй подход к решению задачи комплексирования требует повышенной производительности БЦВМ и размещения на борту БЛА большого количества прецизионных датчиков и систем. Такие навигационные комплексы могут включать ИНС, бортовые РЛС, радиовысотомер, баровысотомер, радиосистемы ближней и дальней навигации, датчики различных информационных полей и др. Теоретически такие НК должны обеспечивать высокую точность и отличаться надёжностью. На практике из-за погрешностей внешних возмущений (активных

и пассивных помех), точность навигационных комплексов существенно снижается. Требование для реализации алгоритмического обеспечения НК БЦВМ повышенной мощности также ограничивает применение подобных НК на современных БЛА.

Традиционной схемой НК БЛА является ИНС, принятая за базовую систему, СНС снабженный алгоритмом комплексирования и оценивания [3; 10; 12]. Алгоритмы комплексирования представляет собой алгоритмы обработки сигналов от ИНС и СНС.

Программно-математическое обеспечение современных НК БЛА позволяет осуществлять комплексную обработку информации и осуществлять коррекцию ИНС. В качестве алгоритма оценивания использован адаптивный алгоритм оценивания, являющийся прямой модификацией фильтра Калмана. Адаптивный алгоритм способен функционировать в условиях отсутствия достоверной априорной информации о статистических характеристиках входного и измерительного шумов. Ковариационные матрицы входного и измерительного шумов определяются адаптивным образом с использованием обновляемой последовательности [11]. Вычисление обновляемой последовательности осуществляется на основе коротких измерительных выборок, что позволяет устранить эффект старения измерений, который существенно проявляется в условиях интенсивного маневрирования БЛА и снижает точность оценивания погрешностей ИНС.

Такой подход обеспечивает надёжность НК БЛА. Дальнейшее развитие способов комплексирования НК предполагает использование элементов теории интеллектуальных систем управления [1; 2; 3; 8; 9].

Список литературы

1. Неусыпин К.А. Концептуальный синтез интеллектуальных систем // Автоматизация. Современные технологии. – 2000. – №6. – С. 23.
2. Неусыпин К.А. Направления развития интеллектуальных систем // Автоматизация. Современные технологии. – 2002. – №12. – С. 12.

3. Неусыпин К.А. Вопросы теории и реализации интеллектуальных систем / К.А. Неусыпин, И.В. Логинова. – М.: МПУ, 1999.
4. Неусыпин К.А. Алгоритмические способы повышения точности автономных навигационных систем / К.А. Неусыпин, А.В. Пролетарский, С.В. Власов // Труды ФГУП «НПЦАП». Системы и приборы управления. – 2010. – №3. – С. 68–74.
5. Неусыпин К.А. Навигационные комплексы с высокими степенями наблюдаемости / К.А. Неусыпин, А.В. Пролетарский, Шэнь Кай // Труды седьмой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России». – М., 2014. – С. 445–446.
6. Пролетарский А.В. Методы коррекции навигационных систем беспилотных летательных аппаратов / А.В. Пролетарский, К.А. Неусыпин, Кэ Фан, Ким Чжэсу // Автоматизация и современные технологии. Изд. Машиностроение. – 2013. – №2. – С 30–34.
7. Пролетарский А.В. Алгоритмические способы коррекции автономных инерциальных навигационных систем / А.В. Пролетарский, К.А. Неусыпин, Шэнь Кай // Материалы конференции «Управление в морских и аэрокосмических системах». – СПб., 2014. – С. 637–641.
8. Селезнева М.С. Селективный измерительный комплекс для летательного аппарата // Наука сегодня: проблемы и пути решения: Материалы междунар. науч.-практ. конф.: В 2 ч. – 2016. – С. 66–67.
9. Селезнева М.С. Выбор приоритетной ИНС в составе бортового комплекса для решения целевых задач ЛА / М.С. Селезнева, Д.Т. Нгуен // Достижения вузовской науки: Труды II междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 127–130.
10. Селезнева М.С. Динамический системный синтез алгоритмического обеспечения навигационного комплекса летательного аппарата / М.С. Селезнева, Шэнь Кай, А.В. Пролетарский, К.А. Неусыпин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2017. – №2. – С. 2–8.
11. Шахтарин Б.И. Модификация нелинейного фильтра Калмана в схеме коррекции навигационных систем летательных аппаратов / Б.И. Шахтарин,

Шэнь Кай, К.А. Неусыпин // Радиотехника и электроника. – 2016. – Т. 61. – №11. – С. 1065–1072.

12. Шэнь Кай. Исследование алгоритмов коррекции навигационных систем летательных аппаратов / Шэнь Кай, А.В. Пролетарский, К.А. Неусыпин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2016. – №2. – С. 28–39.