

2. Kroon D. Numerical optimization of kernel-based image derivatives. Short Paper, University of Twente, 2009. <https://towardsdatascience.com/magic-of-the-sobel-operator-bbbcb15af20d/>.
3. Bank D., et al. Autoencoders: A comprehensive review. Artificial Intelligence Review, 2024. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-023-10662-6>.
4. Chen Z., Guo J. Deep learning for universal linear embeddings of nonlinear dynamics. Nature Communications, 2018. <https://www.nature.com/articles/s41467-018-07210-0>.
5. Kingma, D. P., & Welling, M. (2014). Auto-encoding variational Bayes. Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Representations (ICLR). <https://arxiv.org/abs/1312.6114>.
6. Thenkabail, P. S., Lyon, J. G., & Huemmrich, K. F. (2019). Hyperspectral remote sensing of vegetation. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315159331>.

УДК 629.735

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. ТАРАСЕВИЧ, Д.В. КАЦЕР
ОАО «ПЕЛЕНГ», Минск, Беларусь

Компания «Пеленг» в 2024 году отметила 50-летний юбилей. На протяжении полувека она выполняет научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, разрабатывает и предлагает своим заказчикам лучшие оптико-электронные приборы. Потенциал компании «Пеленг» позволяет уверенно реализовывать и другие инновационные проекты. Одним из таких проектов является разработка беспилотных авиационных комплексов (БАК) двойного назначения. В современных условиях беспилотные летательные аппараты (БПЛА), входящие в состав таких БАК, должны иметь возможность функционирования в автоматическом режиме при отсутствии сигналов спутниковых навигационных систем. Данное требование может быть выполнено путем интегрирования в состав бортового оборудования БПЛА систем технического зрения (СТЗ), разрабатываемых компанией «Пеленг».

Использование информации: СТЗ, углового положения, угловой скорости БПЛА в системе управления позволяет автономно определять такие пилотажно-навигационные параметры (ПНП), как путевая скорость, угол пути и, соответственно, решать поставленные задачи. Существующие подходы навигации БПЛА по видеопотоку используют информацию стабилизированной СТЗ, что существенно увеличивает стоимость БПЛА. Особенно, если речь идет об их одноразовом применении.

Предлагаемый подход основывается на разработке прицельно-навигационных алгоритмов с учетом информации нестабилизированной СТЗ.

Особенности разработки алгоритмов управления БПЛА путем комплексирования сигналов различных датчиков и систем заключаются в следующем:

- Различные системы координат, применяемые в устройствах. Терминология, встречающаяся на полях сети «Internet» и применяемая другими разработчиками, не всегда имеет верное толкование или однозначное определение. Поэтому при разработке системы управления БПЛА целесообразно руководствоваться ГОСТ 20058-80 «Динамика летательных аппаратов в атмосфере. Термины, определения и обозначения» [1].

- Точностные характеристики (а также их стабильность) МЭМС-датчиков (гироскопов, акселерометров) существенно влияют на точностные характеристики разрабатываемых алгоритмов. В зависимости от решаемых задач формируются требования к параметрам СТЗ. Постепенно в состав оборудования внедряются волоконно-оптические гироскопы и кварцевые акселерометры, с существенно лучшими характеристиками. Современные технологии производства таких датчиков позволяют снизить их габаритные характеристики и ценовой диапазон [2]. [3].

- БПЛА можно рассматривать в пространстве как объект, имеющий шесть степеней свободы. Особенность отображения полета БПЛА нестабилизированной СТЗ заключается в том, что все шесть степеней свободы отображаются как две в системе координат, связанной с камерой. Поэтому для получения информации о движении центра масс БПЛА требуется информация от других датчиков (МЭМС) о его вращении относительно центра масс.

- Датчики пилотажно-навигационной информации выдают данные с различной частотой (от десятков до тысяч Гц). Возникает проблема синхронизации параметров, которые с различной частоты, поступают в бортовой вычислитель. Задержка подачи сформированного сигнала на

исполнительные механизмы рулевых поверхностей БПЛА при этом должна быть минимальной.

– Синтезированные законы управления БПЛА могут быть реализованы по классической схеме, либо на ПИД-регуляторах. Выбор схемы зависит от многих факторов: точки зрения автора разработки, понимания сущности процесса управления данным объектом, набора датчиков информации, их точностных характеристик.

– Внедрение достижений искусственного интеллекта в области идентификации и распознавания объектов. Разработка алгоритмов функционирования автомата сопровождения, интеграция в закон автоматического управления БПЛА.

– Разработка математической модели БПЛА, с принятым законом управления. Моделирование управляемого полета, отладка алгоритмов и подбор коэффициентов законов управления, обеспечивающих заданное качество переходных процессов.

– Проведение наземных испытаний опытного образца с использованием динамических стендов, оценка достоверности ПНП и их точностных характеристик, надежности функционирования бортового оборудования. Желательно наземные проверки проводить во всем эксплуатационном диапазоне температур, на высокоточном динамическом стенде, позволяющем определить погрешности ПНП, в том числе и задержки выдаваемых параметров.

– Проведение летных испытаний БПЛА, корректировка коэффициентов алгоритмов, законов управления, оценка точностных характеристик ПНП, результатов применения и надежности функционирования, доработка опытного образца.

В качестве одного из разработанных образцов можно привести изделие КАБ-10 – корректируемая авиационная бомба малого калибра (рис. 1). Тип боевой части: осколочно-фугасная, кумулятивная.

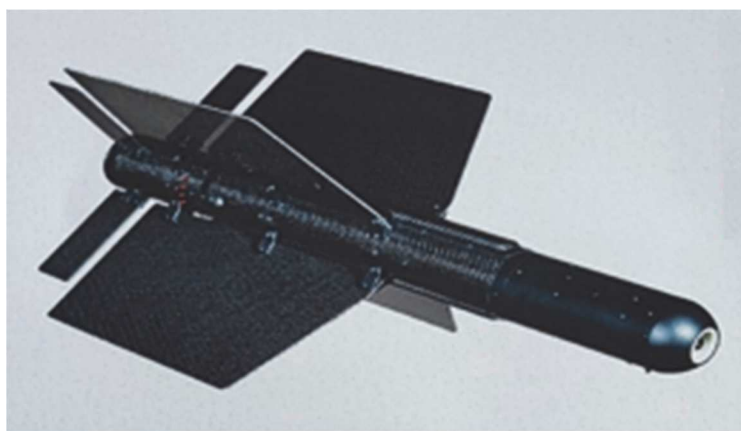


Рис. 1. Корректируемая авиационная бомба малого калибра

Основные технические характеристики КАБ-10 представлены в таблице.

Таблица

Масса	до 8кг
Длина	720 мм
Размах крыла	480мм
Масса боевой части	до 5 кг
Высота применения	(200-600) м

ЛИТЕРАТУРА

1. Динамика летательных аппаратов в атмосфере. Термины и определения. ГОСТ 20058-80.
2. Распопов В.Я. Микромеханические приборы. – М.: Машиностроение, 2007 – 400с.
3. Филатов Ю.В. Волоконно-оптический гироскоп: Учеб. пособие. СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003 - 234с

УДК 004.8

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ УЗБЕКИСТАНА НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

Б.Ш. УСМОНОВ, К.И. УСМАНОВ

Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Узбекистан

Аннотация. Современное сельское хозяйство всё активнее внедряет инновации в области интеллектуального земледелия, включая использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Эти устройства объединяют информационно-коммуникационные системы, робототехнику, искусственный интеллект, большие данные и Интернет вещей. Особое внимание уделяется системам управления: переход от классических PID-регуляторов к интеллектуальным методам (нечёткая логика, ANFIS, гибридные контроллеры) позволяет существенно повысить точность выполнения аграрных операций, устойчивость к климатическим возмущениям и эффективность использования ресурсов.