

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель начальника ВУНЦ ВВС «ВВА»  
по учебной и научной работе  
генерал-майор

« 9 » апреля 2015 г.

Нагалин А. В.

## ОТЗЫВ

Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» на автореферат диссертации Антонова Д. А. на тему «Бортовой навигационный комплекс повышенной помехозащищенности с переменной структурой для БПЛА», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «05.11.03 - Приборы навигации»

Диссертация, судя по автореферату, посвящена решению актуальной научно-технической задачи обеспечения помехозащищенности и точности навигационного оборудования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при жестких ограничениях по минимизации стоимости, массогабаритных характеристик и энергопотребления.

Эта задача автором успешно решена путем разработки программно-алгоритмических и аппаратных решений для повышения точности, а также путем обоснования концепции построения бортового навигационного комплекса повышенной помехозащищенности с переменной структурой.

При решении этой задачи Антоновым Д. А. получены результаты, обладающие новизной и оригинальностью:

1. Предложены концепция построения, структура и алгоритмическое обеспечение бортового навигационного комплекса (БНК), способствующие повышению помехозащищенности комплекса за счет алгоритмов комплексной обработки информации (КОИ) переменной структуры путем контроля измерений глобальными навигационными спутниковыми системами (ГНСС), обнаружения исключения сигналов навигационных космических аппаратов (НКА).

2. Разработаны математические модели погрешностей навигационного комплекса, учитывающие стохастическую и волновую структуру ошибок определения псевдодальности и псевдоскорости НКА ГНСС. Получены аналитические соотношения, связывающие ошибки определения углов истинного курса, крена и тангажа с угловыми ошибками бортовой инерциально-навигационной системы (БИНС) для общего случая БПЛА.

3. Разработан оценщик переменной структуры, позволяющий производить оценку вектора состояния системы с учетом стохастического и волнового представления погрешностей определения псевдодальностей и псевдоскоростей ГНСС.

#### 4. Разработаны методики и ПМО:

- имитационного моделирования предложенных алгоритмов комплексной обработки информации с целью анализа их характеристик;
- полунатурных испытаний БНК на специализированном стенде, размещенном на автотранспорте;
- летных испытаний для подтверждения работоспособности алгоритмических, программных и аппаратных решений.

5. Получены результаты имитационного моделирования предложенных алгоритмов КОИ, полунатурных и летных испытаний созданных образцов БНК, подтверждающие соответствие БНК заявленным точностным характеристикам определения параметров ориентации и навигации, а также подтверждающие возможность использования предложенного в работе алгоритма КОИ переменной структуры для обнаружения и исключения отказов с целью повышения помехозащищенности комплекса.

Автореферат имеет, по крайней мере, следующие недостатки:

1. В явном виде не указана степень повышения помехозащищенности и точности определения ориентации БПЛА. Приведенные рисунки по результатам измерения угла крена и траектории не позволяют оценить эти показатели, что не позволяет определить ценность полученных автором результатов.

2. Материалы автореферата оформлены небрежно. Имеются грамматические, стилистические и понятийные ошибки. Например, во втором абзаце стр. 3 текста сказано, что минимизация стоимости массогабаритных характеристик и энергопотребления являются взаимопротиворечивыми. Однако это не так. В противоречия вступают требования к снижению указанных характеристик, с одной стороны, и к увеличению точности и помехозащищенности навигационного оборудования. Можно привести другие примеры указанных типов ошибок.

Однако перечисленные недостатки не снижают теоретической и практической ценности полученных в работе Антонова Д. А. результатов.

Диссертация Антонова Д. А., судя по автореферату, является высококвалифицированной самостоятельной работой, отвечающей требованиям «Положения ВАК...» и специальности «05.11.03 - Приборы навигации», в которой решена крупная научно-техническая задача повышения эффективности навигационных систем за счет повышения их помехозащищенности и точности определения ориентации БПЛА.

Автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности «05.11.03 - Приборы навигации».

Начальник научно-исследовательского центра ВУНЦ ВВС «ВВА»:

полковник, к.в.н., доц.

Ильинов Е. В.

Начальник лаборатории научно-исследовательского отдела:

майор, к.т.н.

Катруша А. Н.

Старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела:

д.т.н., проф.

Головков А. А.