

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Антонова Дмитрия Александровича
«Бортовой навигационный комплекс повышенной помехозащищённости с
переменной структурой для БПЛА»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.11.03 – «Приборы навигации»

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) малого и среднего классов находят все большее применение для решения различных хозяйственных задач. Их количество на сегодняшний день достаточно велико и неуклонно увеличивается. Сфера применения БПЛА постоянно расширяется. При этом возникает проблема обеспечения работы БПЛА в общем воздушном пространстве с пилотируемой авиацией, что неизбежно накладывает жесткие требования на точность и помехозащищенность определения параметров ориентации и навигации бортовым оборудованием БПЛА. Одним из основных средств навигации, входящих в состав бортового навигационного комплекса (БНК), является приемник глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Особенностью систем глобального позиционирования является их большая уязвимость к естественным и искусственным помехам. При полете БПЛА на малой высоте возникают условия пониженной доступности части навигационных спутников, что приводит к снижению точности навигационного решения. Задача получения достоверного навигационного определения в БНК на протяжении всего полета является важной и актуальной.

В диссертационной работе Антонова Д.А. улучшение характеристик навигационного решения в БПЛА предлагается производить с помощью комплексной обработки сигналов входящих в состав БНК навигационных систем, работающих на различных физических принципах. Для снижения стоимости, как правило, в БНК БПЛА применяются датчики угловой скорости и ускорения, имеющие достаточно высокий уровень инструментальных погрешностей. Проведение комплексной обработки (КОИ) информации позволяет оценивать погрешности каждой из входящих в состав БНК подсистем, повысить надежность, достоверность и точность вычисляемых навигационных параметров БПЛА.

В работе содержится обоснование и выполнена модификация математических моделей погрешностей датчиков и систем, входящих в БНК. Модель погрешностей измерения псевдодальностей и псевдоскоростей в приемнике ГНСС вводится на основе так называемого в работе «волнового» представления. Алгоритмы КОИ построены на основе оптимального дискретного фильтра Калмана. Выполнен анализ трех схем комплексирования информации блока инерциальных подсистем, приемника ГНСС и магнитного компаса.

В первом варианте используется слабосвязанная схема комплексирования. В вектор состояния включены погрешности навигационных параметров инерциальной навигационной системы и инструментальные погрешности инерциальных датчиков. Второй вариант алгоритмов КОИ БНК разработан на основе жесткосвязанной схемы комплексирования. Вектор состояния при этом расширяется за счет включения в его состав величин ухода начальной фазы и частоты опорного генератора приемника ГНСС. В качестве третьего варианта алгоритмов КОИ рассмотрен алгоритм переменной структуры оптимального фильтра Калмана на основе жесткосвязанной схемы комплексирования информации инерциальных датчиков, приемников ГНСС и магнитного компаса. В расширенный вектор состояния в третьем случае включены параметры моделей погрешности кодовых и доплеровских измерений тех навигационных космических аппаратов, в измерениях псевдодальностей до которых предположительно содержатся погрешности, превышающие заданный порог.

В автореферате приведены результаты испытаний комплексной навигационной системы, в которой реализована предложенная слабосвязанная схема комплексирования. Испытания проводились на автотранспорте и летательном аппарате. По результатам испытаний установлено, что погрешности по параметрам навигации ориентации не превышают допустимых значений, содержащихся в требованиях к БНК.

К достоинствам работы следует отнести комплексность и целостность представленного решения научно-исследовательской задачи. Удовлетворяющая повышенным требованиям точность и помехозащищенность БНК достигается за счет разработки автором концепции построения, структуры и алгоритмического обеспечения бортового навигационного комплекса БПЛА. Предложенный в работе алгоритм оценки с переменной структурой может быть использован в качестве основы алгоритма встроенного бортового контроля целостности измерений перспективного приемника ГНСС.

В качестве замечаний к автореферату отметим следующее.

1. Описание погрешностей измерений приемника ГНСС предложено производить с помощью так называемого в работе «волнового» представления. Определение волнового представления автор дает с помощью рисунка и пояснений к нему. Выделяются последовательные временные интервалы, длительности которых, по всей видимости, в модели выбираются случайным образом, и на каждом временном интервале погрешность задается в виде некоторой аналитической функции. При стыковке интервалов моделируемая погрешность претерпевает разрыв. Далее волновое представление погрешностей используется в КОИ с алгоритмом переменной структуры. В отличие от введенного определения для погрешности измерений по каждому навигационному космическому аппарату используется только один временной интервал, на котором определяются

параметры функции погрешности. Однако погрешности в этом случае также называются в работе «волновыми».

2. На рисунке 5 представлены графики измерения углов крена эталонной и оцениваемой системами. В тексте автореферата утверждается, что разница между приведенными показаниями систем не превышает 1 градуса. В действительности разница между значениями угла крена на рисунке 5 на отдельных интервалах времени превышает 1 градус. Например, на интервалах от 476475 до 476525 секунд и от 476560 до 476600 секунд разница превышает 1 градус, достигая значений 2 градуса.

Отмеченные недостатки не снижают ценности диссертационной работы в целом.

Из текста автореферата следует, что диссертационная работа Антонова Д.А. является законченной научно-квалификационной работой, которая содержит решение задачи построения БНК БПЛА малого и среднего класса, удовлетворяющего жестким требованиям к точности работы. Работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Антонов Д.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.03 - «Приборы навигации».

Начальник отделения
Государственного научного центра Российской Федерации
Открытого акционерного общества «Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова» (ГНЦ РФ ОАО «ЛИИ имени М.М. Громова»),
доктор технических наук, профессор
140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Гарнаева, д. 2 А
телефон: 8-495-5565643
e-mail: nio9@lii.ru

Харин Евгений Григорьевич

Заместитель начальника отделения
ГНЦ РФ ОАО «ЛИИ имени М.М. Громова»,
доктор технических наук, старший научный сотрудник,
140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Гарнаева, д. 2 А
телефон: 8-495-5565643
e-mail: nio9@lii.ru

Копылов Игорь Анатольевич

Подписи Е.Г. Харина и И.А. Копылова заверяю.

Ученый секретарь ДС 403.011.01

при ГНЦ РФ ОАО «ЛИИ им.М.М.Громова»

доктор технических наук



В.И. Мельник