

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»

В настоящее время имеет место широкое внедрение беспилотных аппаратов (летательных, водных, наземных) в народнохозяйственную деятельность, а также всё более широкое их применение в вооружённых силах различных стран. Успешное решение ими своих функциональных задач (слежения за различными объектами, распознавания объектов, привязки наблюдаемых объектов к заданной системе координат, применения средств поражения и проч.), куда входит и задача определения текущих кинематических параметров движения подобных беспилотных аппаратов, на современном этапе достигается созданием бортовых навигационных комплексов (БНК), интегрированных в общую систему управления такими аппаратами. Подобные БНК создаются на базе бескарданных инерциальных систем, интегрированных с различными источниками внешней информации (сигналами СВС, данными ГНСС, баровысотометров, магнитных компасов и проч.). Однако, для подобного рода объектов, способных долгое время функционировать автономно, по заранее заданной программе, на существенном удалении от места старта, остро стоит проблема обеспечения помехоустойчивости, помехозащищённости систем управления при наличии помех как естественного, так и искусственного происхождения при сохранении заданного уровня точности выработки параметров движения. Решение проблемы повышения помехоустойчивости/ помехозащищённости и обеспечения заданного уровня точности ищут на путях совершенствования аппаратуры БНК, создания соответствующих алгоритмов комплексной обработки информации (КОИ) БНК, алгоритмов обнаружения и исключения отказов. Как следует из представленного автореферата проведённые исследования направлены на обоснование концепции построения БНК, разработку решений, обеспечивающих повышение точности БНК, исследование свойств БНК повышенной помехозащищённости, что подтверждает **важность и актуальность** данной работы.

Научная ценность и научная новизна работы определяются:

- математической моделью погрешностей БНК, учитывающей стохастическую и волновую структуру возмущений, и позволяющую получить более подробное описание погрешностей БНК;
- предложенной автором реализацией линейного стохастического “оценителя” с использованием волнового представления возмущений;
- процедурой контроля измерений ГНСС, улучшающей помехозащищённость комплекса.

Результаты имитационного моделирования, полунатурных и лётных испытаний БНК подтверждают **достоверность** приведённых автором подходов, математических моделей, методик.

Практическая значимость полученных результатов работы заключается в схемах, алгоритмах и аппаратных решениях, которые могут быть использованы разработчиками и производителями БНК для различных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Автореферат представленной работы не лишен некоторых недостатков:

- Отсутствуют требования по точности выработки БНК параметров движения рассматриваемых БПЛА, хотя во вводной части (стр. 3-4), когда речь идёт о путях решения проблем построения БНК БПЛА, указываются два пути: применение уже существующих прецизионных БИНС (соответствующих жёстким требованиям существующих стандартов для авиации) и создание специализированных БНК для БПЛА; не проводится какой-либо грани между существующими

щими прецизионными авиационными БНК и разрабатываемыми специализированными БНК для БПЛА. Отсутствие чёткого разграничения указанных БНК по существующему уровню точности в авиации и необходимому и достижимому уровню точности для БПЛА создаёт трудности для дальнейшего восприятия излагаемого материала.

- Недостаточно подробно раскрыты вопросы, касающиеся аппаратной структуры БНК, причин (стр.12) необходимости введения волнового представления части погрешностей ГНСС и отнесения погрешностей в виде волновых процессов к псевдоскоростям и псевдодальностям наблюдаемых спутников, оценивания погрешностей МК в составе БНК (описания погрешностей нет в векторе состояния БНК и практически отсутствует информация об этом), обоснования и модификации моделей погрешностей датчиков и систем БНК (стр.10) (какие модели применялись в чём их особенности?).

- Введённое представление волновой структуры (стр.12) предполагает наличие нескольких фильтров для каждой из модели возмущений. Из описания Гл.3 не ясно, как это отражено в модели погрешностей КОИ и как связаны времена T_i (стр.12) и t_i (стр.16).

- Не приведены результаты, касающиеся повышения уровня помехозащищённости БНК и результаты моделирования и испытаний БНК, построенного по принципу жёстко связанного комплексирования с переменной структурой алгоритмов КОИ.

Следует также обратить внимание на ряд замечаний редакционного характера:

- "...серийные навигационных систем (навигационные системы)... " (стр. 3), в п. Структура и объём работы (стр. 8) "...включающего 77 ссылки (ссылок)..."; нет расшифровки КОИ (стр.6); в Гл.4 (стр.19) даётся ссылка на отсутствующую в тексте таблицу 1; рис.5 нечитабелен и др.

Несмотря на отмеченные недостатки, из текста автореферата следует, что диссертационная работа Антонова Д.А. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение поставленных перед Автором задач построения БНК БПЛА, а результаты работы имеют существенное значение для развития методов создания бортового оборудования БПЛА рассмотренных классов. **Диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Антонов Д.А. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.03 - «Приборы навигации».**

Считаю, что результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке перспективных бортовых навигационных комплексов БПЛА различных классов.

Степанов Алексей Петрович
к.т.н., старший научный сотрудник

Государственный научный центр Российской Федерации АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 197046, г. Санкт-Петербург, ул. Малая Посадская, 30
тел. 8 (812) 499-82-77

почта: apstepanov@mail.ru

Подпись Степанова А.П. удостоверяю
Ученый секретарь АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»,

д.т.н. Литманович Ю.А.

«07» апреля 2015г.

