

УДК 681.512

Экспериментальное исследование алгоритма коррекции навигационного комплекса

Неусыпин Константин Авенирович

neusipin@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Исследован навигационный комплекс летательного аппарата, включающий приемник спутниковой системы и платформенную инерциальную навигационную систему с коррекцией в структуре с помощью алгоритма управления. Использован редуцированный алгоритм управления, формирующий сигналы на датчики момента гироскопов и первые интеграторы. Натурный эксперимент проведен с помощью аэростата. Работоспособность алгоритма проверена с помощью летного эксперимента.

Ключевые слова: навигационный комплекс, коррекция, редуцированный регулятор, аэростат, летный эксперимент

Experimental study of the navigation complex correction algorithm

Neusipin Konstantin Avenirovich

neusipin@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The navigation complex of an aircraft, including a satellite system receiver and a platform inertial navigation system with correction in the structure using a control algorithm, is investigated. A reduced control algorithm is used, generating signals to the gyro-platform torque sensors and the first integrators. A full-scale experiment was conducted using a balloon. The performance of the algorithm is verified using a flight experiment.

Keywords: navigation complex, correction, reduced controller, balloon, flight experiment

Введение. Управление высокоточными навигационными комплексами (НК) [1] современных летательных аппаратов (ЛА) предполагает использование комплексирования и алгоритмической коррекции навигационных систем [2]. В НК, включающем платформенную инерциальную навигационную систему (ИНС), корректируемую в ее структуре с использованием сигналов ГНСС, и редуцированный регулятор, используются алгоритмы коррекции ошибок [3]. Погрешности ИНС в работах [2, 4] представлены линейной моделью.

Материалы и методы. На аэростате были установлены жестко зафиксированные совмещенная ИНС/ГНСС [5] оптоволоконная гироскопическая система с акселерометрами NovAtel SPAN-CPT, а также несколько образцов спутникового навигационного оборудования, в частности смарт-антенны и базовая станция, работающие по всем частотам ГЛОНАСС, GPS, BDS, GALILEO и системы широкозонной коррекции.

Преимущества и уникальность эксперимента на аэростате заключаются в том, что он обладает радиопрозрачностью купола, плавной скоростью движения, зависящей от скорости ветра в различных слоях атмосферы, минимальным уровнем вибронагрузки при полете по сравнению с другими носителями, а изменение его вертикального положения поддается регулируемому контролю.

Плановое смещение аэростата зависит от направления ветра, меняющего направление в различных высотных слоях. Предварительно, в соответствии с планом эксперимента, была проведена тщательная подготовка к полету. Были изучены и проанализированы метеоусловия — облачность, видимость, скорость и направление ветра. В соответствии с полученными данными планировалась подъемная высота. Фазовые центры различных спутниковых антенн образуют стереометрическую фигуру, перемещающуюся в пространстве и образованную базисами, соединяющими фазовые центры.

Результаты и их обсуждения. На основе статистических данных о высоте, координатах, скорости ветра, времени суток, полученных за все прежние полеты, определена возможность составлять короткие прогнозы перемещения воздушных масс и, оптимизируя навигационную задачу, удерживать аэростат в воздухе в зоне с заданными координатами длительное время. Коррекция НК аэростата проводилась на основе результатов обработки ГНСС-измерений и измерений ИНС, произведенных на борту аэростата. Установка и крепление аппаратуры показаны на рисунке.



Закрепленная на аэростате аппаратура

Синхронизированные сигналы ГНСС и ИНС сравниваются и их разность (смесь погрешностей ИНС и ГНСС) поступает на вход фильтра Калмана (ФК). Оценки с выхода ФК используются в редуцированном алгоритме управления, с помощью которого осуществляется коррекция погрешностей ИНС. В качестве относительной опорной базовой станции использовалась мультисистемная смарт антенна, установленная в месте старта. Ошибки в определении скорости неподвижного аэростата обусловлены погрешностями ИНС, ГНСС и неадекватностью линейной модели погрешностей ИНС, использованной в ФК и редуцированном регуляторе.

Заключение. Рассмотрен НК, включающий платформенную ИНС, корректируемая сигналами ГНСС. Исследован способ алгоритмической коррекции интегрированной ИНС с помощью редуцированного алгоритма управления. Проведен летный эксперимент с использованием радиопрозрачного аэростата, позволивший продемонстрировать работоспособность и эффективность НК с коррекцией в структуре ИНС.

Исследование выполнено за счет средств фонда поддержки проектов национальной технологической инициативы: Проект — «Разработка отечественного программного обеспечения комбинированного позиционирования по измерениям ГЛОНАСС-ГНСС и инерциальных навигационных систем» («Проводник»).

Список источников

- [1] Суркова А.Д., Селезнева М.С., Неусыпин К.А. Навигационный комплекс ударного беспилотного летательного аппарата. *Автоматизация. Современные технологии*, 2023, т. 77, № 7, с. 319–323.
- [2] Неусыпин К.А. *Современные системы и методы наведения, навигации и управления летательными аппаратами*. Москва, Изд-во МГОУ, 2009, 500 с.
- [3] Неусыпин К.А., Кочешков М.А. Метод регенерации навигационного комплекса ЛА. *Автоматизация и современные технологии*, 2014, № 6, с. 22–26.
- [4] Shen K., Xia Y., Wang M., Neusypin K.A., Proletarsky A.V. Quantifying observability and analysis in integrated navigation. *Navigation Journal of the Institute of Navigation*, 2018, vol. 65, no. 2, pp. 168–181.
- [5] Куприянов А.О., Морозов Д.А. Экспериментальный мониторинг ионосферы с применением мультисистемной ГНСС-аппаратуры. *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*, 2016, № 1, с. 29–33.