

УДК 629.735.33.014

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

С.В. КОРЕВАНОВ, В.В. КАЗИН

Статья представлена доктором технических наук, профессором Логвиным А.И.

В статье приведен анализ эксплуатации навигационных систем беспилотных летательных аппаратов (БЛА) на высоких широтах, рассмотрены требования к навигационному обеспечению БЛА и воздействие внешней среды на навигационное оборудование БЛА.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, высокие широты, параметры навигационных систем.

### Введение

Беспилотная авиация - одно из самых динамично развивающихся направлений в авиации на сегодняшний день. К поставленным задачам гражданского сектора рынка применения БЛА относятся следующие задачи (табл. 1).

Таблица 1

Государственные	Негосударственные
<ul style="list-style-type: none"><li>- полиция;</li><li>- пограничные войска;</li><li>- контроль морских и сухопутных границ;</li><li>- мониторинг нефтегазовых месторождений;</li><li>- поисково-спасательные работы, МЧС;</li><li>- противопожарные работы</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- регулярные воздушные перевозки грузов;</li><li>- воздушная реклама;</li><li>- патрулирование лесов;</li><li>- фотосъемка;</li><li>- развлекательные полеты;</li><li>- подготовка летного персонала;</li><li>- сельскохозяйственные работы;</li><li>- охрана частных территорий</li></ul>

Решение обширного комплекса задач возможно путем создания соответствующих модификаций базовых БЛА. Заинтересованность в их применении для внутренних целей определяет особую роль и место таких комплексов в системе специализированной техники министерств и ведомств РФ.

В соответствии с выступлением Президента РФ на заседании Совета Безопасности «О защите национальных интересов России в Арктике» и «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», одним из основных направлений развития беспилотной авиации будет эксплуатация БЛА в высоких широтах.

В процессе выполнения полета, как правило, управление БЛА осуществляется автоматически, посредством бортового комплекса навигации и управления, в состав которого входят:

- приемник спутниковой навигационной системы, обеспечивающий прием навигационной информации от систем ГЛОНАСС и GPS;
- система инерциальных датчиков, обеспечивающих определение ориентации и параметров движения БЛА.

Эксплуатация БЛА на высоких широтах имеет ряд сложностей вследствие плохого навигационного обеспечения, которое связано с низким показателем доступности радиовидимости навигационных космических аппаратов, влиянием высокоширотной ионосферы, а также с инструментальной погрешностью инерциальных систем.

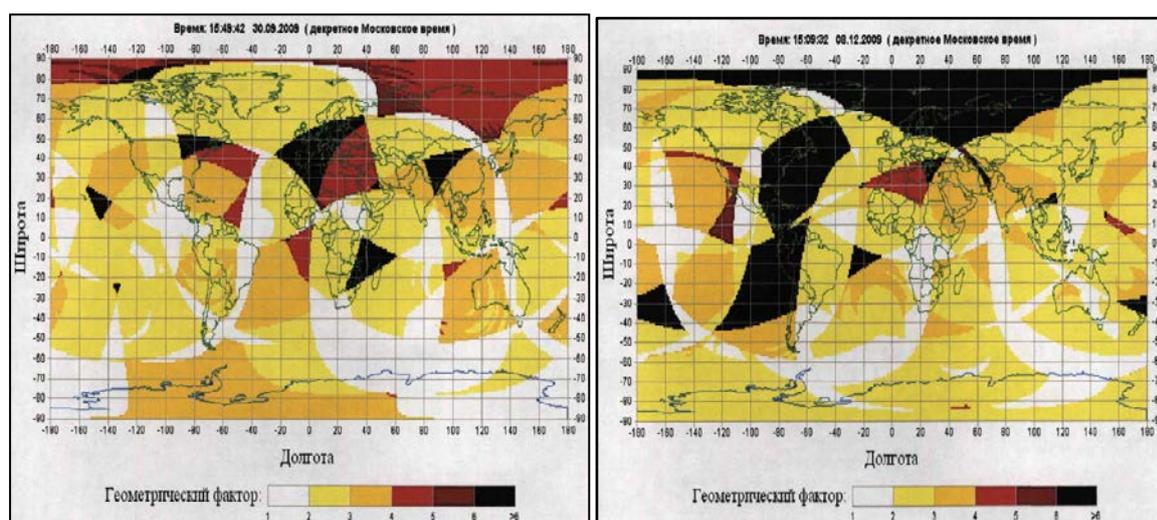
## Факторы, влияющие на навигационные параметры БЛА, эксплуатируемых на высоких широтах

### Факторы, влияющие на работу спутниковых систем навигации

#### Геометрический фактор

Геометрический фактор (GDOP) – термин, использующийся в области систем глобального позиционирования для параметрического взаиморасположения спутников относительно антенны приёмника. Когда спутники в области видимости находятся слишком близко друг к другу, говорят о «слабой» геометрии расположения (высокое значение GDOP), и, наоборот, при достаточной удаленности геометрию считают «сильной» (низкое значение GDOP).

На рис. 1 показаны значения позиционного геометрического фактора, из которого видно, что навигационная обстановка может ухудшаться [3], когда значение геометрического фактора достигает  $\geq 6$ .



**Рис. 1.** Значения позиционного геометрического фактора 30 сентября 2009 года в 15:49 и 8 декабря 2009 года в 15:09 по декретному Московскому времени

### Влияние условий распространения сигналов и воздействия возмущающих факторов на работу спутниковой навигационной системы (СНС) на высоких широтах

Помехи радиоприему создаются как естественным путем, так и искусственными источниками. К естественным источникам помех в высоких широтах относятся полярные сияния, внеземные источники помех и др. Искусственными источниками являются радиотехнические средства, такие как радиовещательные, радионавигационные и связные средства.

В общем случае на приемоуселительный тракт воздействуют аддитивные помехи, связанные, например, с авроральными возмущениями ионосферы.

### Факторы, влияющие на навигационные параметры инерциальной системы навигации (ИНС)

Инерциальным системам присущи недостатки, которые не позволяют использовать их долгое время в автономном режиме. Измерительным элементам ИНС, прежде всего, гироскопам и акселерометрам, присущи собственные методические и инструментальные ошибки, начальные условия не могут быть введены абсолютно точно, вычислитель, входящий в состав ИНС, вносит свои погрешности. Под влиянием этих факторов ИНС работает в так называемом «возмущенном» режиме, и получаемая с нее информация будет содержать ошибки, вызванные влиянием перечисленных возмущений. Для устранения влияния этих факторов переходят к созданию комплексов, обеспечивая коррекцию ИНС.

### Методы улучшения точностных характеристик навигационного оборудования БЛА

На высоких широтах велика вероятность отсутствия сигналов СНС, таким образом, актуальными и практически важными являются задача оценки координат БЛА в условиях отсутствия сигналов СНС, а также вопросы решения целевых задач в указанной ситуации.

Определение координат БЛА в подобных условиях может быть выполнено:

- с использованием дополнительного бортового и/или наземного оборудования;
- автономно с использованием штатного (целевого) оборудования на БЛА.

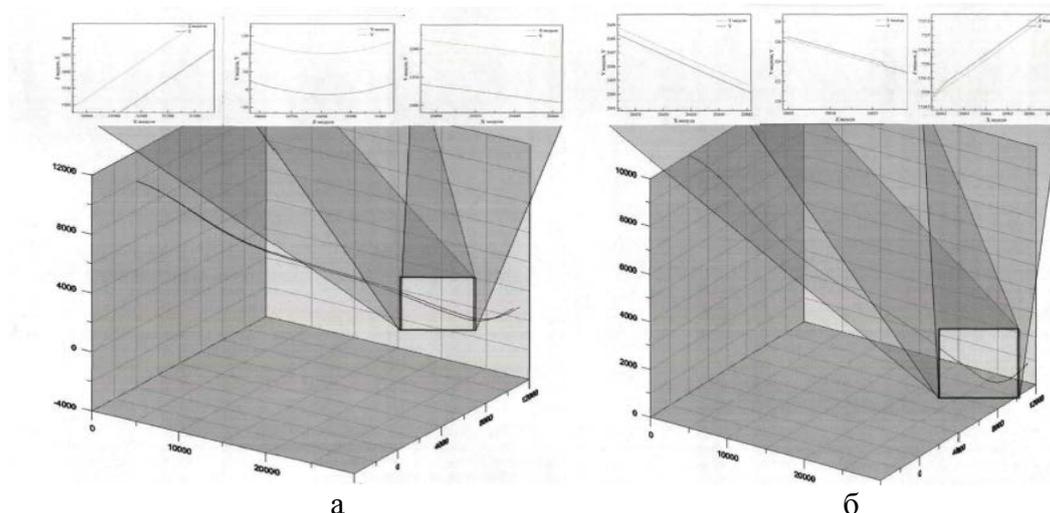
В качестве целевой аппаратуры на БЛА используется система наблюдения (СН), включающая в свой состав визирные устройства, вычислители.

К недостаткам использования дополнительного оборудования можно отнести снижение мобильности комплекса БЛА в целом и увеличение массогабаритных показателей БЛА. Последнее существенно влияет на дальность полета БЛА.

Использование целевого оборудования лишено подобных недостатков, но в настоящее время недостаточно проработано. Использование систем наблюдения в условиях высоких широт имеет ряд сложностей.

В системах наблюдения используются так называемые обзорно-сравнительные методы навигации. В основе подобных методов лежит поиск и сравнение отдельных фрагментов изображения подстилающей поверхности (линии, точки, площади) с некоторым эталонным представлением. В связи с тем что на высоких широтах большую площадь занимает водная поверхность, поиск и отображение подстилающей поверхности становится невозможным. Поэтому для повышения точности работы лучше всего использовать инерциальные системы навигации с корректировкой от наземных источников. Наземным источником для выдачи корректировочных координат для инерциальных систем навигации на высоких широтах может быть морское судно, передающее на БЛА сигналы коррекции.

На рис. 2 приведены моделирование полета БЛА с использованием БИНС без коррекции от наземного источника (рис. 2а) и моделирование полета БЛА с использованием корректировочных данных для БИНС от наземного источника.



**Рис. 2.** Моделирование полета БЛА с использованием БИНС:

а – без коррекции; б – с коррекцией

Как видно из рис. 2а, на котором приведены модельная и расчетная траектории, характерные для 120 секунд полета планирующего объекта. Ошибка определения координат объекта через 120 секунд превышает 100 метров. Такая ошибка неприемлема для задач ориентации и

навигации большинства беспилотных объектов, поэтому целесообразно корректировать вектор скоростей БИНС информацией от наземного источника и уменьшать последствия возмущенного режима работы БИНС путем совершенствования процедуры калибровки.

На рис. 2б представлены модельная и расчетная траектории длительностью около 120 секунд, характерные для планирующего объекта. Из рисунка видно, что составляющие вектора координат не расходятся с модельными более чем на 5 метров через 120 секунд полета без улучшения процедуры калибровки. Это позволяет отнести систему к среднему классу точности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Трубников Г.В. Применение беспилотных летательных аппаратов в гражданских целях // UAV.RU. Беспилотная авиация [Электронный ресурс]. URL: [http://www.uav.ru/articles/civil\\_uav\\_th.pdf](http://www.uav.ru/articles/civil_uav_th.pdf).
2. Циркуляр ИКАО № 238 Беспилотные авиационные системы (БАС) 2011 г.
3. Апполонов А.А. Улучшение точностных и надежностных характеристик аппаратуры потребителей спутниковых навигационных систем в высоких широтах: дисс. ... канд. техн. наук. - М.: МАИ, 2009.
4. Легостаев В.Л. Методы алгоритмы и структура программного технического комплекса бесплатформенной инерциальной системы: дисс. ... канд. техн. наук. - М.: МАИ, 2010.

#### PROBLEM ANALYSIS USING NAVIGATION SYSTEMS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES AT HIGH LATITUDES

Korevanov S.V., Kazin V.V.

The article is an analysis of operation of navigation systems of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the high latitudes, considered the requirements of navigation and security drones impact of the environment on the UAV navigation equipment.

**Key words:** UAV, high latitude, the parameters of navigation systems.

#### Сведения об авторах

**Кореванов Степан Владимирович**, 1988 г.р., окончил МГТУ ГА (2010), аспирант МГТУ ГА, область научных интересов – навигационные системы, беспилотные летательные аппараты, нейронные сети.

**Казин Виталий Викторович**, 1988 г.р., окончил МГТУ ГА (2010), аспирант МГТУ ГА, автор 4 научных работ, область научных интересов – эксплуатация воздушного транспорта, радиозондирование атмосферы.