

УДК 629.783(043.2)

КОНИН В. В., ШИШКОВ Ф. А.

**АВТОНОМНАЯ НАВИГАЦИЯ КОСМИЧЕСКИХ СЕРВИСНЫХ АППАРАТОВ
НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ ПО СИГНАЛАМ ГНСС***Национальный авиационный университет,
Украина, Киев, 03058, пр-т Космонавта Комарова, 1*

Аннотация. Рассмотрены возможности навигации космических аппаратов, предназначенных для обслуживания искусственных спутников Земли на геостационарной орбите и удаления космического «мусора» в околоземном пространстве, по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем. Сформулирована методология оценки доступности сигналов навигационных спутников на геостационарной орбите посредством использования альманаха систем GPS и ГЛОНАСС. Показано, что при приеме навигационных сигналов, излученных антенной системой в пределах основного лепестка диаграммы направленности (ДН), доступность сигналов навигационных спутников на геостационарной орбите очень низка даже при совместном использовании GPS и ГЛОНАСС. Приведены результаты моделирования принимаемых на геостационарной орбите навигационных спутников при использовании сигналов, излученных основными лепестками в пределах от ± 13.8 до $\pm 23.5^\circ$ для частоты L1, от ± 13.8 до $\pm 26^\circ$ для частот L2/L5 и боковыми лепестками в пределах от ± 30 до $\pm 60^\circ$ ДН антенн спутников. Показано, что в этом случае геостационарная орбита доступна для навигации на 24-часовом интервале времени. Приведенные результаты иллюстрируются расчетами количества видимых спутников и геометрическим фактором.

Ключевые слова: ГНСС; космическая область обслуживания; сервисный космический аппарат; боковые лепестки; сигналы навигационных спутников; диаграмма направленности; геометрический фактор

1. ВВЕДЕНИЕ

Космос всегда привлекал человечество как по причинам научного любопытства, так и по экономическим. Так в 2015 году произведено 152 запуска космических аппаратов [1]. Надежная автономная навигация — один из необходимых инструментов для исследования космоса.

Зачем вообще нужна автономная навигация в космосе? Навигация космических аппаратов — сложная и проблемная научно-техническая задача [2]. Для ее решения необходимы наземные средства мониторинга навигационного поля (МНП) и высокочувствительные бортовые системы. Проблема МНП с исполь-

зованием наземных средств требует создания широкой аппаратной инфраструктуры, что часто невыполнимо для компании или страны, запустившей космический аппарат, ввиду высокой стоимости сети наземных станций или принципиальной невозможности размещения в необходимом месте. Бортовое оборудование космического аппарата подвержено другим проблемам — влияние солнечной активности, ухудшение точности определения координат со временем, длительный период накопления и фильтрации навигационных сигналов.

Идея использования глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) для автономной навигации космических аппаратов на больших удалениях от Земли рассмотрена в

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. NASA space science data coordinated archive. NASA. — URL : <http://nssdc.gsfc.nasa.gov>.
2. Spacecraft navigation. NASA jet propulsion laboratory. — URL : <https://solarsystem.nasa.gov/basics/bsf13-1.php>.
3. *Kronman J. D.* Experience using GPS for orbit determination of a geosynchronous satellite / J. D. Kronman // Proc. of the 13th Int. Tech. Meeting of Institute of Navigation : ION GPS 2000, 19–22 Sept. 2000, Salt Lake City, UT. — 2000. — P. 1622–1626.
4. Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard / FAA. — 4th ed. — Sept. 2008. — 160 p.
5. Geostationary orbit. — URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Geostationary_orbit.
6. Ongoing Scientific Workshop «On Orbit Servicing. Problems and Technical Solutions». — URL : <http://www.elmiz.com/en/seminars>.
7. *Bauer F. H.* GPS space service volume (SSV) ensuring consistent utility across GPS design builds for space users / Frank H. Bauer // 15th PNT Advisory Board Meeting, 11 Jun. 2015. — URL : <http://www.gps.gov/governance/advisory/meetings/2015-06/>.
8. *Force D. A.* Individual global navigation satellite systems in the space service volume / Dale A. Force // ION Int. Tech. Meeting, 2013. — URL : <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20130011788.pdf>.
9. *Marquis W. A.* The GPS block IIR and IIR-M broadcast L-band antenna panel: Its pattern and performance / Willard A. Marquis, Daniel L. Reigh // Navigation. — 2015. — Vol. 62, No. 4. — P. 329–347. — DOI : [10.1002/navi.123](https://doi.org/10.1002/navi.123).
10. The Navigator GPS Receiver / National Aeronautics and Space Administration. — URL : http://itpo.gsfc.nasa.gov/wp-content/uploads/gsc_14793_1_navigator.pdf.
11. Global positioning system directorate systems engineering and integration. Interface Specification IS-GPS-200. Navstar GPS Space Segment Navigation user Interfaces / FAA. — 24.09.2013.

Поступила в редакцию 24.06.2016 После переработки 16.09.2016
