

УДК 629.78

Оценка влияния низкоорбитального дополнения на геометрический фактор и доступность системы ГЛОНАСС

Кошелев Иван Владимирович^(*)

kosheleviv@student.bmstu.ru

SPIN-код: 4228-8684

Корянов Всеволод Владимирович

vkoryanov@bmstu.ru

SPIN-код: 6616-8654

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе представлен анализ геометрического фактора (PDOP) и доступности навигационного поля ГЛОНАСС при дополнении условной низкоорбитальной (НОО) группировкой. Проведена валидация расчетной модели путем сравнения с официальными данными, опубликованными на сайте ГЛОНАСС-ИАЦ. Показано, что добавление НОО-группировки по схеме Walker Delta снижает PDOP и повышает доступность, особенно при моделировании условий городской застройки. Работа подтверждает перспективность НОО-дополнения как глобального решения. Текущий результат – программный инструмент для проведения комплексного анализа.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, низкоорбитальная группировка, геометрический фактор, PDOP, доступность

Введение. Современная система ГЛОНАСС ограничена в условиях затенения: при углах места $\geq 25^\circ$ число видимых космических аппаратов (КА) часто падает до 3–4, а PDOP стремится к бесконечности [1]. Существующие стратегии развития включают: удвоение среднеорбитальной (СОО) группировки — технически реализуемое, но дорогостоящее решение [1]; региональное дополнение на высокоэллиптических орбитах (ВЭО) — эффективно для территории России, но не обеспечивает глобального покрытия [2]; низкоорбитальное (НОО) дополнение — глобальное решение, подтвержденное международными исследованиями [3–6]. В данной работе представлены первые численные результаты, подтверждающие гипотезу об улучшении геометрии созвездия спутников за счет НОО-дополнения.

Методика и результаты. Потребитель навигационных услуг моделируется как точка на эллипсоиде ПЗ-90. Расчет выполняется на равномерной сетке широт и долгот. Условие видимости: угол места $\geq 5^\circ$ (открытая местность) и $\geq 25^\circ$ (городская застройка [3, 4]). Рассматриваются традиционная система ГЛОНАСС и условная НОО-группировка по схеме Walker Delta $64,8^\circ$, 1000 км: 300/30/10. В каждой точке вычисляется матрица направляющих косинусов от потребителя к КА и PDOP. Результаты расчета распределений PDOP для открытой местности показали соответствие с официальными данными.

При сравнении двух конфигураций (ГЛОНАСС и ГЛОНАСС+НОО) получено: при $\geq 5^\circ$ средний PDOP снижается на ~46 %; при $\geq 25^\circ$ доступность возрастает с ~63 % до ~93 %, средний PDOP уменьшается на ~18 %.

Заключение. Разработанный инструмент позволяет оценивать влияние НОО-дополнений на геометрический фактор и доступность ГЛОНАСС. Полученные результаты демонстрируют улучшение характеристик, особенно для условий городской застройки. Текущий результат – аналитический инструмент, а не оптимальная конфигурация группировки. Дальнейшая работа направлена на параметрический поиск оптимальной структуры НОО-группировки.

Список источников

- [1] Ватутин С.И. Пространственный геометрический фактор и развитие ГЛОНАСС. *Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы*, 2020, т. 7, № 3, с. 4–15. <https://doi.org/10.30894/issn2409-0239.2020.7.3.4.15>
- [2] Топорков А.Г. Повышение точности и доступности ГЛОНАСС для гражданских потребителей за счет высокоорбитального космического комплекса. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2023, № 7. <https://doi.org/10.18698/2308-6033-2023-7-2294>
- [3] More H., Cianca E., De Sanctis M. Comparing Positioning Performance of LEO Mega-Constellations and GNSS in Urban Canyons. *IEEE Access*, 2024, vol. 12, pp. 24465–24482. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3364819>
- [4] Çelikkilek K., Lohan E.S. A Performance Study on the Combination of Available GNSS and Potential LEO-PNT Constellations. *IEEE Access*, 2024, vol. 12, pp. 162909–162917. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3490892>
- [5] Mayank et al. LEO-PNT Feasibility Aspects: Satellite Navigation Payload Size, Weight, and Power Analysis. *IEEE Access*, 2025, vol. 13, pp. 110069–110089. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3583080>
- [6] Reid T.G.R. et al. Satellite Navigation for the Age of Autonomy. *IEEE/ION PLANS*, 2020, pp. 342–352, <https://doi.org/10.1109/PLANS46316.2020.9109938>