

УДК 629.78:528.8

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАВИГАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А. А. АЛЬХОВИК, курсант

Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Рассматриваются современные глобальные навигационные спутниковые системы и их важность в современных военных операциях. Подчеркивается важность развития низкоорбитальных космических комплексов и с помощью анализа выявляется их основная функция.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы, специальная военная операция, низкоорбитальные космические комплексы.

Современные глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), в том числе отечественная система ГЛОНАСС, стали критически важным элементом инфраструктуры мирового сообщества, находящим применение в различных сферах жизни общества – от транспортной логистики и геодезии до синхронизации шкал времени в телекоммуникационных сетях.

Специальная военная операция (СВО) показала высокую потребность родов и видов войск в высокоточном определении текущего местоположения. Так, современные объекты ракетных войск и артиллерии (РВиА) имеют в своем составе аппаратуру потребителя (АП) ГНСС, благодаря которой оператор для выполнения задач наведения и поражения может быть исключен вовсе.

Вместе с тем, несмотря на достигнутые показатели эксплуатационных характеристик системы ГЛОНАСС^{1,2}, существующая архитектура системы, основанная исключительно на навигационных космических аппаратах (НКА) на средних орбитах, имеет принципиальные ограничения, которые проявляются в условиях городской застройки, гористой местности и при некоторых расположениях НКА на небесной сфере.

Технологическое совершенствование космического сегмента системы ГЛОНАСС ограничено рядом факторов, поэтому для улучшения качества ключевых показателей навигационных услуг, предоставляемых системой, активно применяются средства функциональных дополнений (СФД). Но применение СФД ограничено, как правило, зоной геополитических интересов страны, владеющей данной технологией, что связано с принципами функционирования и формирования корректирующей информации, передаваемой в данных средствах.

При этом в США принята и утверждена концепция навигационной войны (Navigation Warfare, NAVWAR)³, подразумевающая помимо применения средств

¹ Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Стандарт эксплуатационных характеристик открытого сервиса. Редакция 2.2. – Королёв, 2019. – 125 с.

² Тактико-технические требования к глобальной навигационной системе ГЛОНАСС. Ч. 2 : Специальные требования. – М. : Рос. космич. системы, 2008. – 8 с.

³ DOD instruction 4650.08. Positioning, navigation, and timing and navigation warfare. December 30, 2020. – P. 19.

радиоэлектронной борьбы против АП ГНСС также и уничтожение критической инфраструктуры, обеспечивающей функционирование систем координатно-временного и навигационного обеспечения. В ходе СВО Вооруженные Силы Украины (ВСУ) неоднократно пытались поразить объекты наземной космической инфраструктуры ВС РФ, что подтверждает необходимость снижения зависимости существующих орбитальных группировок РФ от наземного комплекса управления (НКУ).

Таким образом, в целях повышения автономности навигационных комплексов объектов РВиА необходим поиск нестандартных решений, одним из которых является создание низкоорбитальных космических комплексов (НKK) как сегмента ГНСС, на которые необходимо возложить некоторые функции составных частей ГНСС для повышения основных показателей системы в целом.

Перспективные проекты низкоорбитальных космических комплексов.

В настоящее время создание НKK затронуло все существующие ГНСС, за исключением Индии с ее системой NavIC, при этом функционал, возложенный на НKK, достаточно обширен и позволяет повысить качество как базовой навигационной услуги, так и выполнять задачи, которые принято считать традиционными для НКУ и СФД. Сравнительный анализ создаваемых низкоорбитальных космических комплексов для ГНСС представлен в табл. 1.

Табл. 1. Результаты сравнения создаваемых низкоорбитальных космических комплексов (по состоянию на август 2025 г.)

Параметр сравнения	TrustPoint, Satelles, Xona (США)	FutureNAV, (Европейский союз)	CENTISPACE, SATNET LEO (Китай)	ННКС ГЛОНАСС (Россия)	ArkEdge, JAXA LEO (Япония)
Функции НKK	TrustPoint Xona: создание навигационного поля. Satelles: передача временной информации	Создание навигационного поля	Высокоточная коррекция потребителей, мониторинг ГНСС, контроль целостности	Создание навигационного поля, высокоточная коррекция потребителей, мониторинг ГНСС, контроль целостности	ArkEdge: создание навигационного поля. JAXA LEO: создание навигационного поля, высокоточная коррекция потребителей
Частотный диапазон	TrustPoint: С. Satelles. Xona: L	UHD, L, S и С	L	L, Ku	ArkEdge: VHF. JAXA LEO: С
Планируемое количество КА, шт.	TrustPoint: 300. Satelles: н/д. Xona: 258	8 на этапе демонстрационных испытаний	CENTISPACE: 190. SATNET LEO: 504	180...240	ArkEdge: н/д. JAXA LEO: 580
Количество запущенных КА, шт.	TrustPoint: 3. Satelles: 66. Xona: 1	Нет	CENTISPACE: 5; SATNET LEO: нет	Нет	Нет

Окончание табл. 1

Параметр сравнения	TrustPoint, Satelles, Xona (США)	FutureNAV, (Европейский союз)	CENTISPACE, SATNET LEO (Китай)	ННКС ГЛОНАСС (Россия)	ArkEdge, JAXA LEO (Япония)
Состояние	TrustPoint: развертывание. Satelles: эксплуатация. Xona: развертывание	Проектирование	CENTISPACE: развертывание. SATNET LEO: проектирование	Проектирование	Проектирование

Анализ показывает, что основная функция проектируемых и развертываемых НКК – создание навигационного поля в смежных диапазонах частот. Это позволит повысить некоторые эксплуатационные характеристики ГНСС за счет увеличения отношения сигнал/шум на входе навигационного приемника, повысить доступность навигационного поля за счет увеличения количества видимых потребителем НКА в условиях сложного приема сигнала (угол видимости НКА выше 25°). Но применение НКК в качестве системы, увеличивающей плотность радионавигационного поля, позволяет повысить качество только базовой навигационной услуги, при этом услуги высокой точности, повышенной надежности, а также относительной навигации по своим показателям останутся без изменений.

Для этого такие страны, как Китай, Япония и, в том числе, Россия, проектируют НКК, способные выполнять дополнительные функции помимо создания навигационного поля.

Так, например, проектируемый НКК системы ГЛОНАСС должен решать следующие задачи¹ [1]:

- создание навигационного поля в L-диапазоне частот;
- высокоточная коррекция потребителей путем передачи специальных поправок;
- мониторинг состояния системы ГЛОНАСС и зарубежных ГНСС;
- контроль целостности навигационного поля, создаваемого системой ГЛОНАСС.

При реализации указанных выше задач открывается возможность использования космических аппаратов (КА) НКК системы ГЛОНАСС в качестве динамического беззапросного измерительного средства. Для их успешного применения в качестве измерителей требуется определять пространственное положение КА с высокой точностью, что в настоящее время возможно при реализации технологии высокоточного определения орбит таких КА с помощью

¹ Проект концепции создания и развития единой системы навигационного обеспечения Российской Федерации на период 2025–2040 гг. – М., 2025. – 21 с.

ГНСС^{1,2,3}. Также повышение точности определения орбиты КА возможно при расширении вектора измерений, например, с помощью радиовысотомера, который будет производить измерения относительно земного геоида.

Кроме того, использование беззапросных измерений, полученных наземными средствами в совокупности с космическими, приведет к повышению точности рассчитываемой эфемеридно-временной информации для системы ГЛОНАСС, что в свою очередь позволит дополнительно снизить среднеквадратическую погрешность определения эквивалентной погрешности к псевдодальности, которая напрямую влияет на точность позиционирования.

Таким образом, целесообразно создавать НКК с учетом опыта отечественных космических систем, на которых применяется технология высокоточного определения орбиты с помощью ГНСС, и возложить на него функцию беззапросного измерительного средства. Данное решение позволит получить выигрыш по эксплуатационным характеристикам системы ГЛОНАСС не только для проектируемых типовых рядов НАП, но и для уже существующих потребителей системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Карутин, С. Н.** Единая система координатно-временного обеспечения Российской Федерации / С. Н. Карутин // Радионавигация и время. – СПб. : Обухов. завод, 2024.
2. ГЛОНАСС. Модернизация и перспективы развития : монография / под ред. А. И. Перова. – М. : Радиотехника, 2020. – 1072 с.
3. Классификация подспутниковых полигонов / Л. М. Атрошенко, Н. Н. Горобец, А. Н. Горобец [и др.] // Вестник Харьковского национального университета. – 2014. – Вып. 1. – С. 398–401.
4. Hierarchical Bayesian Data Analysis in Radiometric SAR System Calibration : A Case Study on Transponder Calibration with RADARSAT-2 Data / B. J. Doring, K. Schmidt, M. Jirousek [et al.] // Remote Sens. – 2013. – Vol. 5. – P. 6667–6690.

Контакты:

alkhovika@mail.ru (Альховик Арсений Александрович).

¹ Система дифференциальной коррекции и мониторинга. Интерфейсный контрольный документ. Радиосигналы и состав цифровой информации функционального дополнения системы ГЛОНАСС системы дифференциальной коррекции и мониторинга. Редакция 1. – М. : Рос. космич. системы, 2012. – 133 с.

² Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Система прецизионной навигации Министерства обороны Российской Федерации (СПН МО). Редакция 1.0. – М. : НПК СПП, 2023. – 2023 с.

³ Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Глобальная система высокоточного определения навигационной и эфемеридно-временной информации в реальном времени для гражданских потребителей (СВО ЭВИ). – М. : НПК СПП, 2016. – 69 с.