

СИСТЕМА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ И МОНИТОРИНГА КАК ОСНОВА ПЕРСПЕКТИВНОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НАВИГАЦИИ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ

Павел Александрович Карпик

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, обучающийся, тел. (983)319-08-09, e-mail: karpikpavel@yandex.ru

Виталий Геннадьевич Сернов

АО «Российские космические системы», 111250, Россия, г. Москва, ул. Авиамоторная, 53, кандидат технических наук, начальник отделения

Владимир Степанович Вдовин

АО «Российские космические системы», 111250, Россия, г. Москва, ул. Авиамоторная, 53, начальник сектора, e-mail: vdo-vladimir@yandex.ru

Представлена информация о российской системе дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), показана ее роль в системе координатно-временного и навигационного обеспечения. Рассмотрена возможность реализации перспективной инфраструктуры позиционирования с повышенной точностью на основе СДКМ.

Ключевые слова: координатно-временное и навигационное обеспечение (КВНО), глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС), функциональное дополнение, дифференциальная коррекция, мониторинг, инфраструктура.

SYSTEM FOR DIFFERENTIAL CORRECTION AND MONITORING AS THE BASE OF THE NEXT GENERATION NATIONAL INFRASTRUCTURE FOR NAVIGATION AND HIGH-PRECISION POSITIONING

Pavel A. Karpik

Novosibirsk National Research State University, 2, Pirogova St., Novosibirsk, 630073, Russia, Student, phone: (983)319-08-09, e-mail: karpikpavel@yandex.ru

Vitaliy G. Sernov

JSC «Russian Space Systems», 53, Aviamotornaya St., Moscow, 111250, Russia, Ph. D., Head of Department

Vladimir S. Vdovin

JSC «Russian Space Systems», 53, Aviamotornaya St., Moscow, 111250, Russia, Head of Sector, e-mail: vdo-vladimir@yandex.ru

The Russian System for Differential Correction and Monitoring (SDCM) is introduced. The current role of SDCM as a provider of positioning navigation and timing services is described. It is shown that the next generation infrastructure for high-precision positioning can be based on SDCM.

Key words: Positioning, Navigation, and Timing (PNT), Global Navigation Satellite System (GNSS), augmentation system, differential correction, monitoring, infrastructure.

Согласно [1] Система дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) имеет следующие характеристики. Зона действия системы СДКМ – вся территория Российской Федерации и прилегающие географические районы (с возможностью расширения до глобальной), основной потребитель системы – гражданская авиация. Корректирующая информация СДКМ передается с помощью космических аппаратов системы ретрансляции «Луч», которая полностью развернута.

Назначение СДКМ. СДКМ является функциональным дополнением (ФД) системы ГЛОНАСС и предназначена для повышения точности и обеспечения целостности определения местоположения морских, воздушных, сухопутных и космических потребителей навигационных радиосигналов открытого доступа ГЛОНАСС и GPS.

Состав СДКМ. СДКМ состоит из двух подсистем:

- подсистемы космических аппаратов (ПКА);
- наземной подсистемы контроля и управления (ПКУ).

ПКА СДКМ включает в себя три штатных КА многофункциональной космической системы ретрансляции (МКСР) «Луч», находящихся на геостационарной орбите (ГСО), которые обеспечивают передачу информации СДКМ потребителям посредством излучения радиосигналов в структуре SBAS.

СДКМ состоит из центра дифференциальной коррекции мониторинга (ЦДКМ), наземных средств передачи информации СДКМ потребителям, комплекса закладки и контроля (КЗиК) и сети станций сбора измерений (ССИ), рассредоточенных по территории земного шара.

В задачи ПКУ входят: мониторинг радионавигационного поля открытого доступа, формируемого НКА ГЛОНАСС и GPS; непрерывное уточнение параметров орбит и часов НКА ГЛОНАСС и GPS; формирование потока корректирующей информации и параметров целостности; передача корректирующей информации и информации целостности потребителям с помощью ПКА и наземных средств передачи информации.

Сеть станций СДКМ показана на рис. 1. СДКМ относится к дифференциальным подсистемам (ДПС) системы ГЛОНАСС, которые представлены в табл. 1. ДПС являются основным элементом функциональных дополнений (ФД) системы ГЛОНАСС. Кроме ДПС, в состав ФД входят также спутниковые системы позиционирования (ССП), которые в отличие от ДПС вырабатывают для потребителя корректирующую информацию (КИ) не только в режиме реального времени (RTK), но и в режиме постобработки (PP). Кроме того, ССП обеспечивают более точное, чем ДПС местоопределение потребителя, – точность ССП может достигать 1 см и выше.

Классификация ДПС и ССП по точности показана в табл. 2.

Достаточно новым элементом ФД является режим высокоточного автономного местоопределения (ВАМО), известный за рубежом как режим PPP.

Дифференциальные подсистемы, как правило, предназначены для определения полного вектора состояния (координат, скорости и времени) потребителя и включены в контур навигационной безопасности воздушных и водных транспортных средств, в то время как ССП, обычно, предназначены только для определения координат и могут использоваться широким кругом потребителей.

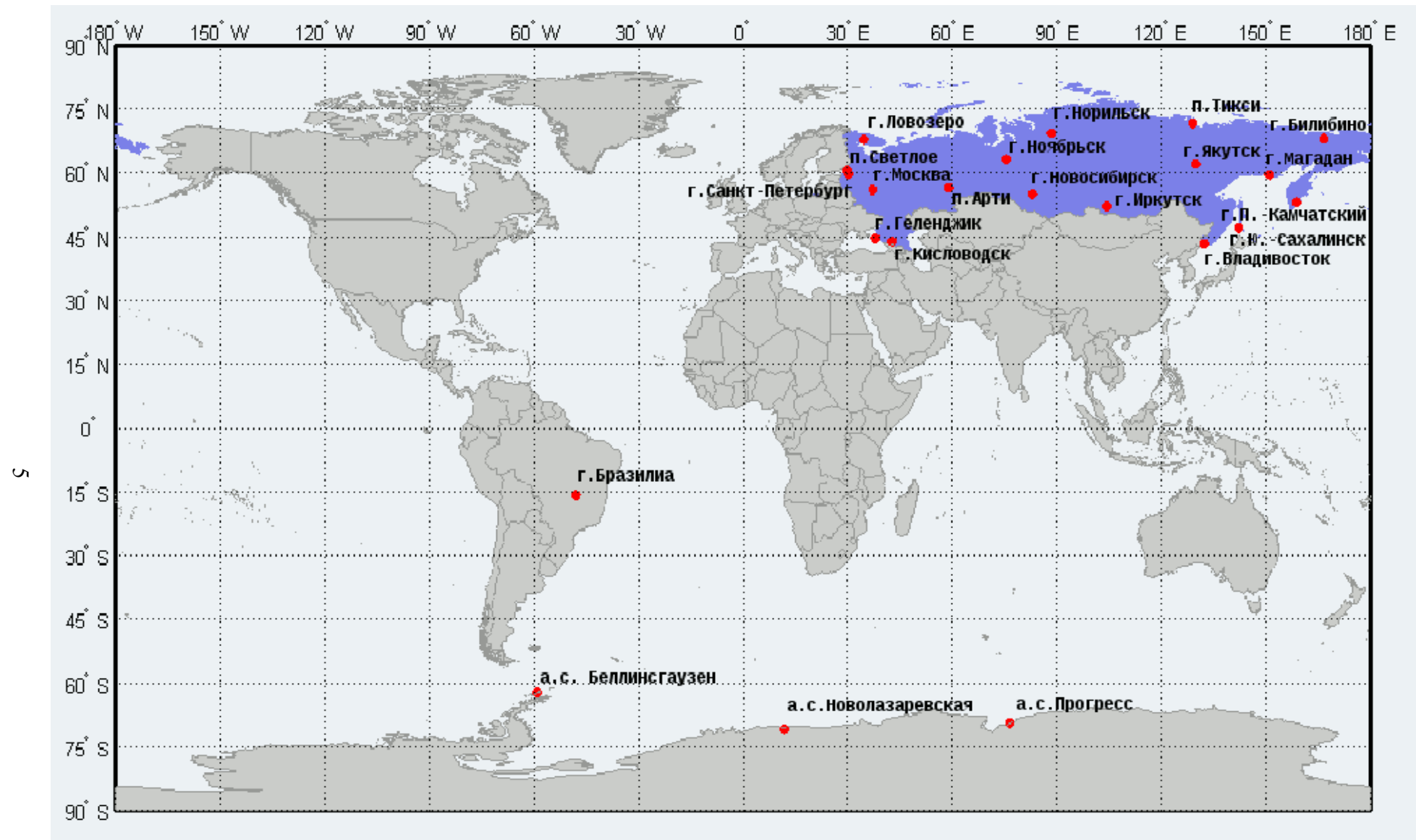


Рис. 1. Сеть станций СДКМ

Таблица 1

Дифференциальные подсистемы системы ГЛОНАСС

Параметры	Системы дифференциальной коррекции			
	Локальные	Региональные	Широкозонные (СДКМ)	Глобальные
Состав	- одна или несколько станций сбора измерений; - канал передачи данных	- сеть станций измерений; - каналы передачи данных; - вычислительный центр	- региональная сеть станций измерений; - каналы передачи данных; - вычислительный центр; - наземный комплекс управления	- глобальная сеть станций измерений; - каналы передачи данных; - вычислительный центр; - наземный комплекс управления
Корректирующая информация	- поправки к навигационным параметрам, измеряемым потребителем; - информация о целостности системы	- поправки к навигационным параметрам, измеряемым потребителем; - информация о целостности системы	- поправки к эфемеридно-временной информации; - поправки к навигационным параметрам, измеряемым потребителем; - информация о целостности системы	- поправки к эфемеридно-временной информации; - поправки для исключения атмосферных искажений сигнала; - поправки к навигационным параметрам, измеряемым потребителем; - информация о целостности системы
Каналы передачи	Наземные линии передачи данных	Наземные линии передачи данных	Космические аппараты связи и ретрансляции	Космические аппараты связи и ретрансляции
Зона действия	50 – 200 км	400 – 1 000 км	1 000 – 9 000 км	Глобальное покрытие

Таблица 2

Классификация ДПС и ССП по точности

Стандартная точность		
ГНСС, РНСС	Стандартная точность установлена интерфейсными документами каждой ГНСС, РНСС	1–10 м
Повышенная точность		
ДПС	Повышенная точность установлена интерфейсными документами или иными нормативно-техническими документами каждой ДПС	0,1–1 м
ССП	Повышенная точность установлена нормативно-техническими или иными документами каждой ССП	0,01–0,1 м
Системы определения орбит КА с повышенной точностью (СОО ПВТ)	Повышенная точность установлена нормативно-техническими или иными документами каждой СОО ПВТ	0,01–1 м

Правовое регулирование ДПС, как правило, осуществляется на международном и национальных уровнях, в то время как правового регулирования ССП может вообще не быть. В Российской Федерации правовое регулирование ССП практически отсутствует.

В ССП, в отличие от ДПС, принципиальными являются использование технологии обработки фазовых измерений, включая режим PPP, и использование внешних онлайн-сервисов.

Общей тенденцией развития ДПС и ССП является их технологическое и информационное объединение.

Системы определения орбит КА с повышенной точностью (СОО ПВТ) являются отдельным классом навигационно-временных систем КА, сочетающим в себе новейшие достижения спутниковой навигации и позиционирования, включая режим PPP, инерциальную навигацию и астронавигацию. В Российской Федерации состояние СОО ПТ характеризуется как начальная стадия развития.

Общим недостатком существующих ФД является их технологическая и информационная разобщенность, а также отсутствие комплексной системы доставки КИ потребителю.

СДКМ может стать основой перспективной национальной инфраструктуры навигации и позиционирования с повышенной точностью. Это объясняется следующими обстоятельствами.

1. Требования по точности к спутниковым системам навигации и их функциональным дополнениям и подсистемам, в том числе к системам спутникового позиционирования, укладываются в характеристики модернизируемой системы СДКМ – СДКМ-КФД.

2. Создание на базе СДКМ национальной инфраструктуры навигации и позиционирования с повышенной точностью позволит существенно повысить эффективность использования системы ГЛОНАСС в различных отраслях экономики.

Национальная инфраструктура навигации и позиционирования с повышенной точностью может быть создана на базе разработанной Госкорпорацией «Роскосмос» структуры системы повышения точности навигации [2], показанной на рис. 2.

Обязательным элементом национальной инфраструктуры навигации и позиционирования с повышенной точностью является единое координатное пространство (использование взаимосогласованных международных и национальных систем координат и отсчетных основ), которое включает в себя следующие элементы:

- ITRS/ITRF – международную геоцентрическую систему координат и связанную с ней международную наземную систему отсчета – более 1 000 активных пунктов ITRF;

- WGS-84/TRF – геоцентрическую систему координат Министерства обороны США, признанную международным стандартом в международной авиации и международном мореплавании, и связанную с ней наземную систему отсчета (доступна только авторизованным потребителям);

- ПЗ-90/КГС – геоцентрическую систему координат Министерства обороны РФ, применяемую в международной авиации наравне с WGS-84 и связанную с ней космическую геодезическую сеть (доступна только авторизованным потребителям);
- ГСК-2011/ФАГС – геоцентрическую систему координат Росреестра и связанную с ней фундаментальную астрономо-геодезическую сеть – 50 пунктов ФАГС;
- сети станций системы ГЛОНАСС – СДКМ, БИС, КОС – 50 станций СДКМ, 50 БИС, 20 КОС (доступны только авторизованным потребителям);
- сеть станций системы КВАЗАР – сеть коллоцированных станций на трех пунктах системы КВАЗАР;
- сеть базовых станций СВТП – разрозненную сеть базовых станций (БС) различных систем высокоточного позиционирования РФ – 1 500 БС;
- единое геоинформационное пространство (использование взаимосогласованных международных и национальных картографических основ и геоинформационных систем).

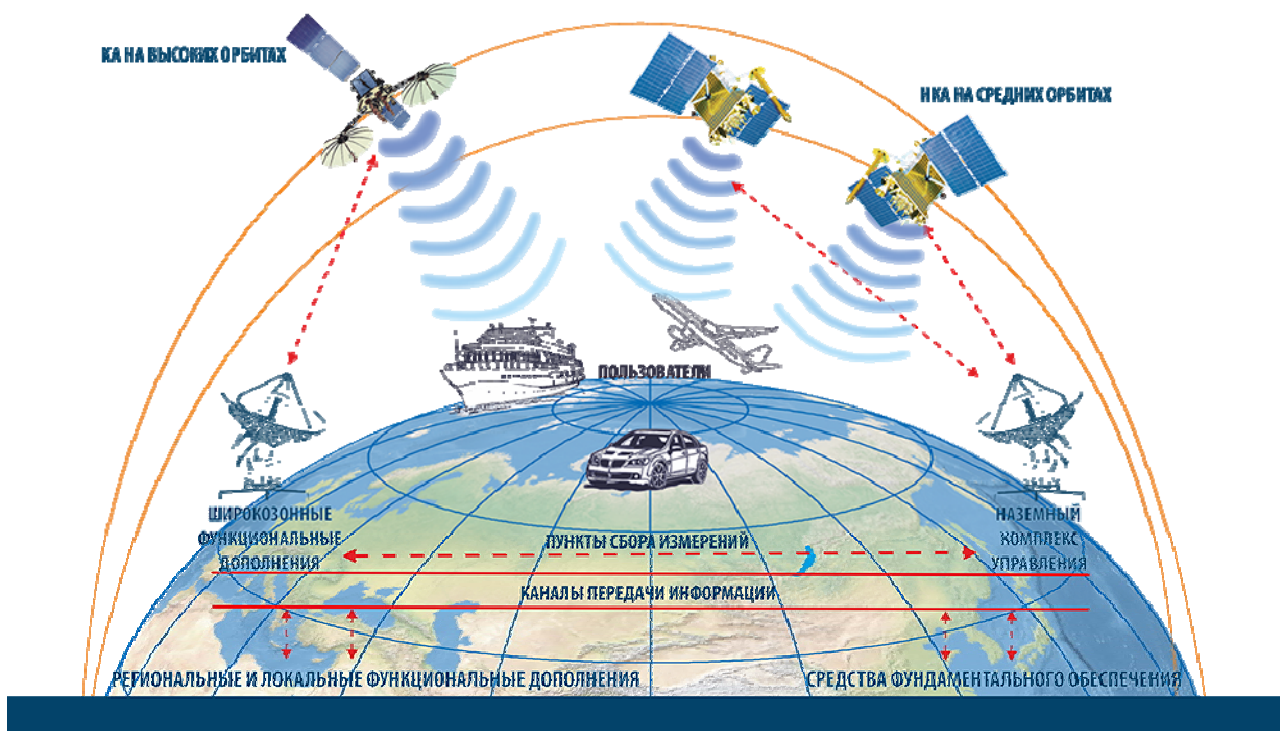


Рис. 2. Структура системы повышения точности навигации

Выводы:

1. Задачи по развитию технологий спутниковой навигации и спутникового позиционирования с повышенной точностью на базе системы СДКМ, как одного из элементов системы функциональных дополнений, определены руководящими документами ГК «Роскосмос».

2. Требования по точности к спутниковым системам навигации и их функциональным дополнениям и подсистемам, в том числе к системам спутникового позиционирования, укладываются в характеристики модернизируемой системы СДКМ – СДКМ-КФД.

3. Создание на базе СДКМ национальной инфраструктуры навигации и позиционирования с повышенной точностью позволит существенно повысить эффективность использования системы ГЛОНАСС в различных отраслях экономики.

4. Предприняты первые шаги по координации деятельности научных и образовательных организаций в области развития технологий спутниковой геодезии, спутниковой навигации и спутникового позиционирования с повышенной точностью.

5. Эффективность создания и развития национальной инфраструктуры навигации и позиционирования с повышенной точностью будет выше при координации деятельности заказчиков, разработчиков и потребителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ИКД-2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sdcм.ru/smglo/ICD_SDCM.pdf.

2. Повышение точности навигации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/22054>.

© П. А. Картик, В. Г. Сернов, В. С. Вдовин, 2019