



**СОДРУЖЕСТВО НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ
СОВЕТ ГЛАВ ПРАВИТЕЛЬСТВ**

РЕШЕНИЕ

от 25 октября 2019 года

город Москва

**об Основных направлениях (плане) развития радионавигации
государств – участников СНГ на 2019–2024 годы**

Совет глав правительств Содружества Независимых Государств

решил:

1. Утвердить Основные направления (план) развития радионавигации государств – участников СНГ на 2019–2024 годы (прилагаются).

2. Рекомендовать заинтересованным министерствам и ведомствам государств – участников СНГ при развитии и совершенствовании радионавигационного обеспечения в своих государствах руководствоваться Основными направлениями (планом) развития радионавигации государств – участников СНГ на 2019–2024 годы.

3. Межгосударственному совету «Радионавигация» с участием Исполнительного комитета СНГ осуществлять мониторинг Основных направлений (плана) развития радионавигации государств – участников СНГ на 2019–2024 годы и информировать при необходимости Экономический совет СНГ о ходе их реализации.

От Азербайджанской Республики

От Российской Федерации

Д.Медведев

От Республики Армения

От Республики Таджикистан

Вице-премьер-министр

М.Григорян

К.Расулзода

От Республики Беларусь

От Туркменистана

С.Румас

От Республики Казахстан

²

От Республики Узбекистан

А.Мамин

А.Арипов

От Кыргызской Республики

От Украины

М.Абылгазиев

От Республики Молдова

УТВЕРЖДЕНЫ

Решением Совета глав
правительств СНГ об Основных
направлениях (плане) развития
радионавигации государств –
участников СНГ
на 2019–2024 годы
от 25 октября 2019 года

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ (ПЛАН)
РАЗВИТИЯ РАДИОНАВИГАЦИИ
ГОСУДАРСТВ – УЧАСТНИКОВ СНГ
НА 2019–2024 ГОДЫ**

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

ВПП	– взлетно-посадочная полоса;
ГИС	– геоинформационная система;
ГЛОНАСС	– Глобальная навигационная спутниковая система Российской Федерации;
ГНСС	– глобальная навигационная спутниковая система;
ИКАО	– ICAO; Международная организация гражданской авиации;
ИМО	– IMO; Международная морская организация;
КА	– космический аппарат;
КВНО	– координатно-временное и навигационное обеспечение;
КРМ	– круговой радиомаяк морской;
МАМС	– IALA; Международная ассоциация маячных служб;
МКГ	– Международный комитет по глобальным навигационным спутниковым системам;
МСЭ	– Международный союз электросвязи;
МЭК	– Международная электротехническая комиссия;
РМА	– радиомаяк азимутальный (типа ВОР);
РМД	– радиомаяк дальномерный (типа ДМЕ);
РНС	– радионавигационная система;
РСБН	– радиотехническая система ближней навигации;
РСДН	– радиотехническая система дальней навигации;
СДКМ	– система дифференциальной коррекции и мониторинга;
СКП	– среднеквадратическая погрешность;
УКВ	– ультракороткие волны;
APV	– Approach with Precise Vertical; заход на посадку с управлением по вертикали;
BEIDOU	– ГНСС Китайской Народной Республики;
DGNSS	– differential GNSS; система функционального дополнения ГНСС;
DGPS	– differential global positioning system; дифференциальная система GPS; система повышения точности сигналов GPS;
DME	– Distance Measuring Equipment; оборудование измерения дальности;
DVOR	– Doppler High Frequency Omnidirectional Range; доплеровская всенаправленная УКВ радиосистема;
EGNOS	– European Geostationary Navigation Overlay Service; Европейская широкозонная дифференциальная спутниковая подсистема;
FERNS	– Fast Eastern Radio Navigation Service; ФЕРНС, Дальневосточная радионавигационная служба;
GAGAN	– геостационарное навигационное дополнение системы GPS (Индия);
GALILEO	– ГНСС стран Европейского союза;

GBAS	– Ground-Based Augmentation System; наземная система функционального дополнения (стандарт ИКАО);
GPRS	– General Packet Radio Service; пакетная радиосвязь общего пользования;
GPS	– Global Positioning System; Глобальная система местоопределения (США);
GRAS	– Ground-Based Regional Augmentation System; наземная региональная система функционального дополнения (стандарт ИКАО);
IERS	– International Earth Rotation Service; Международная служба вращения Земли;
ILS	– Instrumental landing system; система инструментальной посадки;
ITRF	– International Terrestrial Reference Frame; Международная земная система отсчета;
ITRS	– International Terrestrial Reference System; Международная земная система координат;
LAAS	– Local Area Augmentation System; локальная ДПС наземного базирования для посадки воздушных судов (США);
MSAS	– Multifunctional Transport Satellite Augmentation System; Японская широкозонная дифференциальная спутниковая подсистема;
MSC	– Maritime Safety Committee (MSC), Комитет по безопасности на море – специальный отдел внутри ИМО;
NPA	– Non Precision Approach; неточный заход;
PBN	– Performance Based Navigation; навигация, основанная на характеристиках (концепция ИКАО);
PPP	– Precise Point Positioning; позиционирование высокой точности; метод получения высокоточных координат
RAIM	– Receiver Autonomous Integrity Monitoring; автономный контроль целостности в приемнике;
RNAV	– Area Navigation; зональная навигация;
RNP	– Required Navigation Performance; требуемые навигационные характеристики (концепция ИКАО);
RTCA	– Radio Technical Commission for Aeronautics; Комиссия по авиационным радиотехническим средствам
RTCM	– Radio Technical Commission for Maritime Services; Радиотехническая комиссия морских сервисов;
RTK	– Real Time Kinematic; совокупность приёмов и методов получения плановых координат сантиметровой и дециметровой точности;
SARPs	– Standards and Recommended Practices; стандарты и рекомендуемая практика ИКАО;

SBAS	– Space-Based Augmentation System; спутниковая система функционального дополнения;
TRS	– Terrestrial Reference System; земная система координат;
UTC	– Universal Coordinated Time; всемирное координированное время;
V2X	– системы обмена данными между автомобилем и другими объектами дорожной инфраструктуры типа «Vehicle-to-Everything»;
VOR	– Very High Frequency Omnidirectional Range; всенаправленный угломерный наземный радиомаяк УКВ диапазона;
WGS	– World Geodetic System; Всемирная геодезическая система;
WAAS	– Wide Area Augmentation System; широкозонная система функционального дополнения (США).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Основания для разработки Основных направлений (плана) развития радионавигации государств – участников СНГ на 2019–2024 годы

Развитие экономики современного государства и благосостояние его граждан, международный авторитет страны и обороноспособность не в последнюю очередь зависят от уровня развития координатно-временных и навигационных технологий.

Уникальное географическое положение государств – участников СНГ предопределяет их высокий потенциал в осуществлении транзитных операций между странами Европы и Североатлантического региона, с одной стороны, и странами Центральной и Юго-Восточной Азии и Тихоокеанского региона, с другой стороны.

Транспортные возможности государств – участников СНГ относятся к конкурентным преимуществам наряду с их природными ресурсами и географическим положением. Экспорт транспортных услуг становится важной составляющей валового национального продукта.

Без надежного навигационного обеспечения невозможно поддержание требуемого уровня безопасности при использовании всех видов транспорта: воздушного, водного и наземного. Осуществление мультимодальных межгосударственных перевозок определяет потребность в гарантированном обеспечении заказчиков и поставщиков услуг надежной навигационной информацией в соответствии с международными требованиями.

Радионавигационные системы (РНС) государств – участников СНГ должны выстраиваться и развиваться как гармонизированные части единой структуры, объединяемые как на уровне СНГ, так и общемировом уровне.

Сложность спутниковых и наземных РНС, многообразие заказчиков, исполнителей и потребителей навигационных услуг, а также ресурсные ограничения обуславливают необходимость применения скоординированного подхода при решении задач поддержания, развития и использования радионавигационных полей.

Таким образом, задача развития систем координатно-временного и навигационного обеспечения государств – участников СНГ распространяется далеко за пределы межведомственных и межрегиональных отношений и требует комплексного подхода на межгосударственном уровне.

Основные направления (план) развития радионавигации государств – участников СНГ на 2019–2024 годы (далее – Основные направления) призваны обеспечить координацию усилий и взаимодействие в области радионавигации.

Решением Совета глав правительств СНГ от 26 мая 2017 года утверждена Межгосударственная радионавигационная программа государств – участников Содружества Независимых Государств на период до 2020 года. Пунктом 1

Перечня мероприятий указанной Межгосударственной программы предусмотрена разработка актуализированных направлений развития радионавигационной области в государствах – участниках СНГ на период до 2025 года, что явилось основанием для разработки Основных направлений.

1.2. Правовой статус Основных направлений

Основные направления являются официальным изложением современного состояния и перспектив развития РНС и средств, определяющим пути реализации политики государств – участников СНГ в этой области.

Основные направления рекомендованы для практического руководства органам исполнительной власти, предприятиям промышленности, научным организациям и учреждениям государств – участников СНГ, осуществляющим разработку, производство РНС и средств, их эксплуатацию и оказание услуг радионавигации.

Разработка Основных направлений проводилась на основе анализа национальных, межгосударственных и международных нормативных правовых и нормативно-технических документов в области радионавигации.

Основные направления учитывают соответствующие требования международных организаций (ИКАО, ИМО, МАМС, МСЭ), рекомендации МКГ, положения радионавигационных планов государств – участников СНГ, а также обязательства государств – участников СНГ по международным договорам.

1.3. Цели Основных направлений

Основные направления разработаны в интересах развития, наращивания и совершенствования на территориях государств – участников СНГ радионавигационных полей за счет применения современных технологий и реализации согласованной технической политики государств – участников СНГ.

Целями Основных направлений являются:

координация технической политики государств – участников СНГ в области радионавигации;

совершенствование отдельных национальных планов и определение РНС, которые будут ключевыми для обеспечения безопасного и эффективного движения транспорта государств – участников СНГ;

определение разработок для идентификации зон деятельности, требующих выделения ресурсов и осуществления научно-исследовательских работ;

информационное взаимодействие между разработчиками и потребителями навигационных услуг в государствах – участниках СНГ;

ориентирование зарубежных потребителей на возможность использования существующих и перспективных РНС и средств государств – участников СНГ;

интегрированное использование полей космических и наземных РНС в рамках государств – участников СНГ и европейских государств для удовлетворения требований потребителей в навигационном обеспечении.

Реализация Основных направлений позволит обеспечить:

планирование наиболее перспективных направлений государственной политики государств – участников СНГ в области развития индустрии радионавигационных услуг, учитывающей интересы и требования различных групп потребителей, а также условия для определения наиболее эффективных методов использования ресурсов в этой области;

совершенствование и гармонизацию навигационных средств государств – участников СНГ;

повышение экономической эффективности использования всеми группами потребителей имеющихся и перспективных РНС и средств наземного и космического базирования государств – участников СНГ, а также объединенных межгосударственных систем;

условия для межгосударственной координации мероприятий по созданию и обеспечению функционирования РНС и средств и предоставлению качественных радионавигационных услуг потребителям;

совместимость и интеграцию РНС государств – участников СНГ в ходе их разработки, эксплуатации и модернизации;

выработку и реализацию согласованных требований по радионавигационному обеспечению воздушных, морских и наземных потребителей государств – участников СНГ через разработку соответствующих межгосударственных нормативных документов (технические регламенты, стандарты и др.) и проведение сертификации РНС и средств;

повышение профессионального уровня и качества подготовки в государствах – участниках СНГ специалистов по навигационному обеспечению.

Финансовое обеспечение целей Основных направлений будет осуществляться государствами – участниками СНГ в пределах бюджетных ассигнований, выделяемых заинтересованным министерствам и ведомствам на выполнение возложенных на них функций, а также за счет привлекаемых или внебюджетных источников финансирования.

1.4. Область применения Основных направлений

Область применения Основных направлений охватывает имеющиеся РНС и средства гражданского и двойного назначения, используемые в государствах – участниках СНГ.

В Основных направлениях не рассматриваются инерциальные навигационные системы, а также радиотехнические системы, которые выполняют радиолокационно-обзорные или связные функции. В частности, в документ не включены автоматические идентификационные системы и системы автоматического зависимого наблюдения, но включены навигационные средства, на которые опираются указанные системы.

РНС, рассматриваемые в Основных направлениях, подразделяются на следующие основные группы:

1) глобальные навигационные спутниковые системы и их функциональные дополнения;

2) наземные РНС:

радиотехнические системы дальней навигации;

радиотехнические системы ближней навигации;

системы посадки и радиомаяки.

При рассмотрении РНС учитывались в том числе:

технические параметры;

эксплуатационные характеристики;

экономические характеристики;

организационные характеристики и правовые вопросы;

состояние разработки и производства;

используемость РНС и навигационной аппаратуры потребителей.

Основными техническими параметрами являются точность, целостность, рабочая зона, доступность и непрерывность функционирования системы. Уделяется внимание вопросам использования частотного спектра и некоторым специфическим параметрам, таким как противопомеховые характеристики, которые применимы не только к военным системам, но также влияют на доступность и непрерывность функционирования гражданских систем.

2. ТРЕБОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К РАДИОНАВИГАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ

2.1. Задачи, решаемые с использованием радионавигационных систем государств – участников СНГ

Требования к РНС определяются потребителями в соответствии с решаемыми задачами и условиями применения.

Навигация представляет собой раздел науки о способах проведения воздушных судов и космических летательных аппаратов, морских и речных судов, а также наземных транспортных средств из одной точки пространства в другую. Задача навигации решается методами и приборами навигации, которые позволяют определить местоположение и ориентацию движущегося объекта относительно принятой системы координат, величину и направление скорости движения, направление и расстояние до места назначения и т. д.

Применение РНС и средств позволит увеличить точность прохождения маршрутов движущимися объектами и вывода их в заданный район, а также значительно повысить безопасность движения транспортных средств в сложных метеорологических условиях.

Объединение различных радионавигационных устройств в определенные системы в принципе позволяет обеспечить выполнение всех основных задач навигации. Однако с целью повышения надежности и безопасности вождения объектов в наиболее сложных условиях такие системы на практике используют совместно с нерадиотехническими средствами, например, с инерциальной навигационной системой, с которыми они образуют комплексные (комбинированные) системы навигации.

Существующие и разрабатываемые РНС предназначены для решения задач навигации подвижных объектов и персональной навигации, геодезической привязки неподвижных объектов, синхронизации времени, а также специальных задач.

Навигация подвижных объектов подразделяется на специфические области:

- навигация и наведение КА;
- воздушная навигация;
- навигация на море и внутренних водных путях;
- навигация наземных средств.

Задача космической навигации применительно к КА заключается в определении местоположения КА относительно других КА или космических тел и в прогнозировании движения КА как материальной точки.

Основной задачей воздушной (авиационной) навигации является вывод подвижного объекта по оптимальной (наивыгоднейшей для данных условий) траектории в заданную точку или область пространства в заданный момент времени. Решение этой общей задачи подразделяется на ряд частных задач, разнообразных по характеру и методам решения.

Значимыми этапами навигации воздушного судна являются:

полет по маршруту;

полет в зоне аэродрома;

категорированный или некатегорированный заход на посадку.

Навигация на море и внутренних водных путях имеет целью обеспечение безопасного вождения судов наивыгоднейшими путями в любое время суток и при различных гидрометеорологических условиях и предполагает следующие частные задачи:

плавание в открытом море;

плавание в прибрежных районах и узкостях;

маневрирование в портах и гаванях;

плавание по внутренним водным путям;

маневрирование в интересах рыболовства, проведения работ на морском шельфе и дноуглубительных работ.

Навигация наземных средств при всем существующем разнообразии интересов и задач потребителей может осуществляться в трех основных вариантах перемещения колесных транспортных средств:

движение по установленным маршрутам;

движение в заданном районе;

движение по произвольным маршрутам.

Геодезическая привязка неподвижных объектов может осуществляться в интересах:

геодезии, картографии, гидрографии и обеспечения ГИС;

геологоразведки, добычи полезных ископаемых, контроля продуктопроводов;

навигационной подготовки объектов транспортной инфраструктуры;

привязки маяков, навигационных буев, платформ, опорных навигационных станций;

капитального строительства, контроля сооружений, кадастра, землеустройства и точного земледелия.

Специальные задачи, выполняемые при условии навигационного обеспечения, включают:

поисково-спасательные работы;

научно-исследовательские работы, фундаментальные и прикладные исследования координатно-временного и навигационного обеспечения;

исследования земной поверхности и тектонического смещения земной коры;

обеспечение сотовых систем связи;

наблюдение обстановки;

военные задачи и специальные операции.

Использование РНС государств – участников СНГ в интересах органов власти, ведомств и других потребителей позволяет обеспечивать достижение следующих целей:

безопасность государств – участников СНГ в экономической, научно-технологической, социальной, информационной и экологической сферах;

безопасность движения, в первую очередь пассажирских транспортных средств, а также при перевозке специальных и опасных грузов, грузов под таможенным контролем;

безопасность полетов воздушных судов и КА различного назначения;

навигационная безопасность морского и речного транспорта;

согласованность транзитных перевозок по международным транспортным коридорам;

гарантированность доступа пользователей к информации, производимой РНС и необходимой для их функциональных задач, за исключением особо оговоренных условий.

Структура решаемых задач с использованием РНС показана на рис. 1.

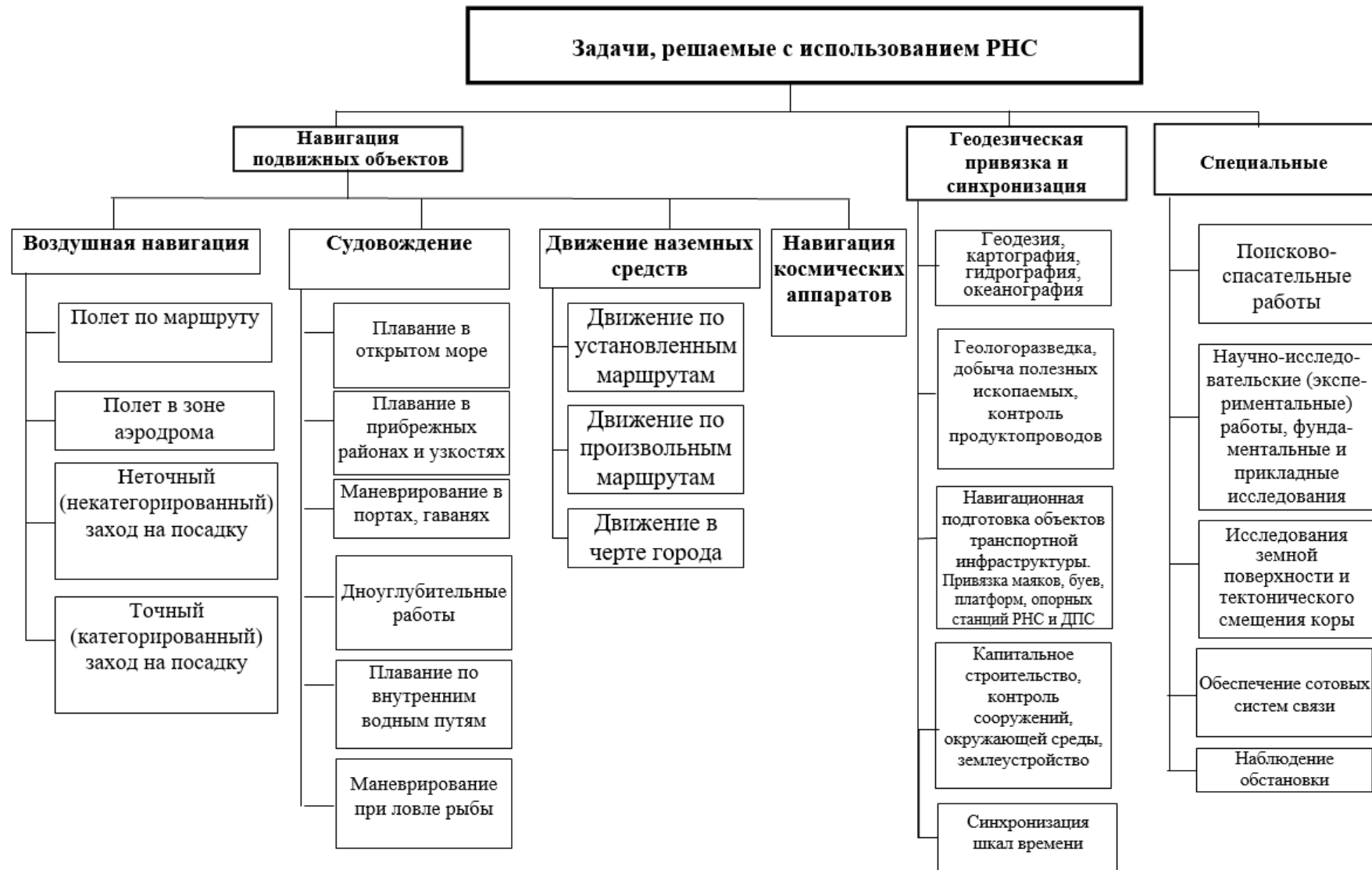


Рис. 1. Структура задач, решаемых с использованием РНС

2.2. Общесистемные требования к радионавигационным системам

Основными общесистемными параметрами РНС, к которым предъявляются требования со стороны потребителей, являются:

- размер рабочей зоны РНС;
- точность определения местоположения и синхронизации шкал времени объектов;
- доступность РНС;
- целостность РНС;
- непрерывность обслуживания (функционирования) РНС;
- дискретность определения местоположения;
- пропускная способность РНС.

Требования к размерам рабочей зоны

Рабочая зона (зона действия) – область пространства (замкнутая поверхность), в пределах которой навигационная система позволяет потребителю определять местоположение, скорость и время с заданными характеристиками.

Нарастающая интенсивность движения, расширение границ перемещения, увеличение скоростей, высот и протяженности маршрутов (трасс) современных транспортных средств обуславливают все более высокие требования к навигационному обеспечению. Это предопределило необходимость удовлетворения требований потребителей по созданию условий точного местоопределения в любой точке Земли и околоземного пространства, т. е. требования глобальной рабочей зоны.

Требования к точности местоопределения

Точность местоопределения – это степень соответствия местоположения потребителя, определенного в данный момент с помощью навигационной системы, его истинному положению.

Точность местоопределения характеризуется величиной отклонения измеренных координат от истинных. Количественной мерой точности могут являться абсолютное значение разности между определенными и истинными значениями координат, а также среднеквадратическая погрешность.

Требования к точности местоопределения объектов зависят от характера задач, решаемых потребителями. Численные значения точности местоопределения изменяются в широких пределах – от долей метра до нескольких километров.

Требования к точности определения времени (синхронизации)

Точность определения (синхронизации) времени характеризуется величиной отклонения скорректированной по данным РНС шкалы времени объекта от шкалы, принятой в качестве эталонной. Требования к точности синхронизации зависят от характера задач, решаемых потребителями. Значения точности изменяются в широких пределах – от секунд до наносекунд.

Требования к доступности РНС

Доступность (эксплуатационная готовность) – это способность РНС обеспечить проведение навигационных определений в заданный момент времени в определенной зоне действия.

Доступность РНС характеризуется вероятностью получения потребителем в рабочей зоне достоверной навигационно-временной информации в определенный период времени и с требуемой точностью.

Требования к доступности изменяются в зависимости от используемых транспортных средств и задач, решаемых потребителями.

Наиболее высокие требования, при которых доступность должна равняться практически единице, предъявляются исходя из обеспечения безопасности полетов воздушных судов и плавания морских и речных судов, а именно при заходе на посадку и посадке по категориям ИКАО, а также при маневрировании в портах и движении по внутренним водным путям.

Требования к целостности РНС

Целостность РНС – это способность РНС выдавать потребителю своевременное и достоверное предупреждение в тех случаях, когда какие-либо навигационные сигналы нельзя использовать по целевому назначению в полном объеме. Целостность характеризуется соответствующей вероятностью и временем.

Требования к целостности РНС морских, речных и наземных потребителей более низкие, чем для воздушных потребителей вследствие меньших скоростей движения и больших допустимых интервалов обновления информации.

Требования к непрерывности обслуживания (функционирования) РНС

Непрерывность обслуживания (функционирования) – это способность навигационной системы обеспечивать навигационное обслуживание потребителей в течение заданного временного интервала без отказов и перерывов. Характеризуется вероятностью обслуживания.

Требования к дискретности определения местоположения

Дискретность определения местоположения характеризуется временным интервалом, через который возможно новое определение местоположения с использованием одного и того же типа РНС.

Требования к пропускной способности РНС

Пропускная способность характеризуется количеством пользователей РНС, которые могут обслуживаться одновременно.

Учитывая важное значение своевременного получения навигационной информации для обеспечения безопасного плавания и полетов, пропускная способность РНС должна быть неограниченной, а непрерывность, т. е. надежность обслуживания, должна соответствовать заданной величине.

2.3. Требования авиационных потребителей

Для воздушных судов определены следующие основные фазы (этапы) движения:

- руление от места стоянки воздушного судна до точки взлета;
- взлет и выход в исходный пункт маршрута (трассы);
- полет по маршруту (маршрутный полет);
- полет в районе аэродрома (терминальный полет);
- некатегорированный (неточный) заход на посадку;
- заход и посадка по категориям ИКАО;
- посадка и руление до места стоянки воздушного судна.

Требования к навигационному обеспечению на каждом этапе различны. Для маршрутного этапа полета воздушного судна установлены категории районов (зон):

- океаническая (безориентирная местность);
- внутренняя континентальная (местная) линия;
- зоны выполнения специальных задач.

Одним из важнейших и наиболее ответственных этапов полета является заход на посадку и посадка воздушного судна. Требования воздушных потребителей к точности определения места при заходе на посадку и посадке по категориям ИКАО, сформулированные на основе опыта использования инструментальных систем посадки, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Требования воздушных потребителей при заходе на посадку и посадке по категориям ИКАО

Категория посадки	Высота над взлетно-посадочной полосой для проверки, м	Требования к точности (СКП), м	
		в горизонтальной плоскости	в вертикальной плоскости
I	30	4,5–8,5	1,5–2
II	15	2,3–2,6	0,7–0,85
III	2,4	2	0,2–0,3

В настоящее время в гражданской авиации для маршрутных полетов и операций в зоне аэродрома имеет место переход от требований на основе RNP к требованиям, сформулированным с помощью концепции PBN – навигации на основе характеристик. При этом PBN предполагает совместное использование зональной навигации RNAV и RNP.

Требования к точности воздушной навигации предъявляются не только на маршрутах, обозначенных навигационными радиомаяками, но и на маршрутах без маяков. В частности, при использовании зональной навигации RNAV различных категорий применяются следующие точностные характеристики, которые в пренебрежении ошибками пилотирования могут рассматриваться как удвоенные СКП определения места воздушного судна:

RNAV 10 – предполагает отклонения воздушного судна (95 % времени полета, $P=95\%$) внутри коридора 10 морских миль, или 18,5 км, без наземного контроля (СКП=9,25 км);

RNAV 5 – 5 морских миль, или 9,25 км, при радиолокационном контроле (СКП=4,62 км);

RNAV 2 – 2 морские мили, или 3,7 км, при радиолокационном контроле (СКП=1,85 км);

RNAV 1 – 1 морская миля, или 1,85 км, при радиолокационном контроле (СКП=0,92 км).

Основные требования ИКАО к навигационному обеспечению посредством спутниковых навигационных систем и их функциональных дополнений в соответствии с Поправкой к стандартам и рекомендуемой практике ИКАО (SARPs) по DGNSS, том 1, приложение 10, начало применения с 18 ноября 2010 года к характеристикам, обеспечиваемым навигационными системами на различных этапах полета, приведены в табл. 2 и 3.

При этом под характеристиками систем понимаются:

точность – способность системы с 95%-ной вероятностью удерживать воздушное судно в пределах суммарной погрешности системы в каждой точке установленной схемы полета;

целостность – мера доверия, которая может быть отнесена к правильности информации, выдаваемой системой в целом; целостность включает способность системы обеспечить пользователя своевременными и обоснованными предупреждениями (срабатывание сигнализации);

срабатывание сигнализации – индикация для любых систем воздушного судна или предупреждение пилоту о том, что данный параметр навигационной системы находится вне допуска;

порог срабатывания сигнализации – уровень, превышение которого для данного измеряемого параметра вызывает срабатывание сигнализации;

задержка срабатывания сигнализации (время до предупреждения) – максимально допустимое время, прошедшее от наступления выхода системы за допустимые пороги до срабатывания сигнализации;

непрерывность обслуживания – способность всей системы функционировать без перерывов в ходе выполнения намеченной операции;

готовность – способность всей системы выполнять свою функцию в момент начала намеченной операции.

Таблица 2

Требования к характеристикам сигнала в пространстве

Типовая операция	Точность по горизонтали, м, P=95 %/СКП ¹⁻³	Точность по вертикали, м, P=95 %/СКП ¹⁻³	Целостность ²	Время до предупреждения, с ³	Непрерывность ⁴	Эксплуатационная готовность ⁵
На маршруте	3 700/1 850	Не назначена	(1-10 ⁻⁷) за час	300	От (1-10 ⁻⁴) до (1-10 ⁻⁸) за час	От 0,99 до 0,99999
На маршруте и в зоне аэродрома	740/370	Не назначена	(1-10 ⁻⁷) за час	15	От (1-10 ⁻⁴) до (1-10 ⁻⁸) за час	От 0,99 до 0,99999
Начальный заход, промежуточный заход, NPA, вылет	220/110	Не назначена	(1-10 ⁻⁷) за час	10	От (1-10 ⁻⁴) до (1-10 ⁻⁸) за час	От 0,99 до 0,99999
Неточный заход на посадку с управлением по вертикали (APV-I)	16/8	20/10	1-2*10 ⁻⁷ за заход	10	1-8*10 ⁻⁶ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999
Неточный заход на посадку с управлением по вертикали (APV-II)	16/8	8/4	1-2*10 ⁻⁷ за заход	6	1-8*10 ⁻⁶ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999
Точный заход на посадку по категории I	16/8	6-4/3-2	1-2*10 ⁻⁷ за заход	6	1-8*10 ⁻⁶ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999

¹ Для осуществления планируемой операции на самой низкой высоте над порогом взлетно-посадочной полосы требуется 95%-ное значение ошибки определения местоположения с помощью ГНСС, трактуемое здесь как 2 СКП. Детальные требования определены в дополнении В SARPс, а инструктивный материал приведен в п. 3.2 дополнения D SARPс.

² Определение требования к целостности включает порог срабатывания сигнализации, в зависимости от которого оно может быть оценено. Диапазон ограничений по вертикали для точного захода на посадку по категории I имеет отношение к диапазону пределов погрешности в вертикальной плоскости в зависимости от характеристик контрольного устройства системы. Значения порогов срабатывания сигнализации приведены в табл. 3.

³ Требования к точности и задержке срабатывания сигнализации включают номинальные эксплуатационные характеристики безотказного приемника.

⁴ В связи с тем что требование непрерывности при полете по маршруту и в зоне аэродрома при выполнении этапов начального захода на посадку, NPA и операций вылета зависит от нескольких факторов, включая предполагаемую операцию, плотность воздушного движения, сложность воздушного пространства и эксплуатационную готовность альтернативных средств навигации, то это требование представляется интервалами значений. Более низкое значение представляет минимальные требования для областей с низкой плотностью воздушного движения и простой структурой воздушного пространства. Более высокое значение соответствует областям с интенсивным движением и сложной структурой воздушного пространства (п. 3.4 в дополнении D SARPс).

⁵ Для требований эксплуатационной готовности дается диапазон значений, поскольку эти требования зависят от эксплуатационной потребности, которая основана на нескольких факторах, включая частоту выполнения операций, погодные условия, масштаб и продолжительность отказов, эксплуатационную готовность альтернативных средств навигации, зону действия радиолокатора, интенсивность воздушного движения и обратимость эксплуатационных процедур. Более низкие значения требований соответствуют минимальной эксплуатационной готовности, при которой система DGNS используется на практике, но не может адекватно заменить другие средства навигации. Более высокие приведенные значения для маршрутной навигации соответствуют использованию GNSS в качестве единственного средства навигации в некоторой области. Более высокие приведенные значения для операций захода на посадку и вылета отвечают требованиям к эксплуатационной готовности в аэропортах с большой интенсивностью воздушного движения в предположении, что операции посадки и взлета на нескольких ВПП взаимосвязаны, но используемые отдельные эксплуатационные процедуры гарантируют безопасность операции (п. 3.5 в дополнении D SARPs).

Таблица 3

Пороги срабатывания для контроля целостности

Типовая операция	Порог срабатывания по горизонтали, м	Порог срабатывания по вертикали, м
На маршруте (океаническое/континентальное воздушное пространство с низкой плотностью движения)	7 400	Не назначено
На маршруте (континентальное воздушное пространство)	3 700	Не назначено
На маршруте, в зоне аэродрома	1 850	Не назначено
NPA	556	Не назначено
APV-I	140	50
APV-II	40	20
Точный заход на посадку по категории I	40	От 15 до 10

Для точного захода на посадку по категории I определен диапазон значений. Значение 4 м определяется техническими требованиями системы ILS и представляет консервативный вариант этих требований (п. 3.2.7 дополнения D SARPs). Обозначения APV-I и APV-II относятся к двум различным уровням захода на посадку и посадки с вертикальным управлением и не предполагают обязательного эксплуатационного использования. Требования к характеристикам DGNS для выполнения точного захода на посадку по категориям II и III находятся на рассмотрении и будут представлены позднее.

2.4. Требования морских потребителей

В морском транспорте определены следующие стадии плавания судов:
океанское плавание;
прибрежное плавание в районах с невысокой интенсивностью движения;

плавание в портах, на подходах к ним и в прибрежной зоне с высокой интенсивностью движения.

Международные требования морских потребителей к точности определения места, доступности, целостности РНС в зависимости от районов плавания определены резолюцией ИМО – А. 953(23) от 05.12.2003, а также резолюциями Комитета по безопасности на море – MSC.112(73), 2000 год; MSC.113(73), 2000 год; MSC.114(73), 2000 год; MSC.115(73), 2000 год. Требования определены для судов, скорость которых не превышает 70 узлов.

Требования морских потребителей к РНС зависят от районов плавания и составляют:

в районе океанского плавания:

погрешность определения координат с вероятностью $P=0,95$ не более 100 м (СКП=50 м);

доступность не менее 99,8 % за 30-суточный период;

в районе прибрежного плавания при невысокой интенсивности движения судов:

погрешность определения места с вероятностью $P=0,95$ не более 10 м (СКП=5 м);

частота определения места должна быть не менее одного раза в 1 с. Значение дифференциальной поправки должно обновляться не реже одного раза в 30 с;

доступность не менее 99,5 % за двухлетний период;

непрерывность функционирования системы не менее 99,85 % в течение 3 часов;

при плавании в портах, на подходах к ним и в прибрежной зоне с высокой интенсивностью движения судов:

погрешность определения места с вероятностью $P=0,95$ не более 10 м (СКП=5 м);

доступность не менее 99,8 % за двухлетний период;

непрерывность функционирования системы не менее 99,97 % в течение 3 часов.

В соответствии с резолюциями ИМО MSC.112(73) – MSC.115(73) в районах океанского и прибрежного плавания, а также при плавании в портах и на подходах к ним темп обновления данных о координатах места должен быть не реже чем 1 раз в 1 с, а для высокоскоростных судов рекомендуемая дискретность составляет 0,5 с.

Показатель целостности системы не может быть более 10 с. Он характеризует промежуток времени, в течение которого потребителям должно поступить предупреждение о том, что характеристики сигнала искажены, и эти данные нельзя использовать для обеспечения навигационной безопасности плавания.

Анализ изложенных требований морских потребителей указывает на возможность их удовлетворения в наибольшей степени с использованием существующих ГНСС ГЛОНАСС и GPS, функционально дополненных

дифференциальными подсистемами, а также перспективных ГНСС. Исходя из этого, в ноябре 2001 года 22-я Ассамблея ИМО утвердила требования к будущей системе ГНСС, которые изложены в Резолюции А.915(22) «Пересмотренные положения морской политики и требования к перспективным Всемирным спутниковым навигационным системам».

В приложениях к этой Резолюции указываются перспективные на период после 2010 года требования к точности и показателям надежности получения навигационной информации.

В соответствии с этим документом требования к точности должны быть повышены до 10 м ($P=0,95$) по всему Мировому океану (СКП=5 м), а в акватории порта – до 1 м (СКП=0,5 м). Для некоторых видов деятельности на море (выполнение гидрографических работ, прокладка подводных трубопроводов и т. п.) считается необходимым повышение точности до 1 м (СКП=0,5 м) и даже до десятых его долей при автоматической постановке в док (СКП=0,05 м). По мере ужесточения требований к точности возрастают и требования к показателям надежности получения информации:

целостности (менее 10 с);

признаку выработки предупредительного сигнала о нарушении целостности системы (0,25–25 м);

доступности (99,8–99,97 %).

Находящиеся в эксплуатации ГНСС ГЛОНАСС и GPS в 1996 году одобрены ИМО в качестве компонентов Всемирной радионавигационной системы. В соответствии с Резолюциями ИМО А.953 (23) и А.815 (19) о признании и принятии РНС для международного использования спутниковая система GALILEO также признана как составная часть Всемирной радионавигационной системы.

В новой редакции главы 5 Конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС), вступившей в силу с 1 июля 2002 года, заложено требование к обязательному оснащению морских судов, независимо от водоизмещения, приемной аппаратурой ГНСС или наземной РНС, или другим автоматическим средством, пригодным для использования в любое время в течение предполагаемого рейса для определения текущих координат.

Тип данной судовой аппаратуры одобряется на основании требований, разработанных и одобренных ИМО, стандартов МЭК, а также национальных стандартов.

2.5. Требования речных потребителей

Для судов, использующих внутренние водные пути (реки, озера и т. п.), исходными при определении требований к РНС являются: габариты судового хода, его глубина и соотношения главных размеров судов (длина, ширина, осадка).

Требования речных потребителей к доступности РНС зависят от районов плавания и составляют:

по Единой глубоководной системе европейской части России – не менее 99,8 % за двухлетний период;

магистральным рекам Сибири – не менее 99,5 % за двухлетний период.

Требования речных потребителей к целостности составляют для движения по водным путям не более 5 с.

Частота определения места должна быть не менее одного раза в 2 с. Значение дифференциальной поправки должно обновляться не реже чем через 30 с.

Требования речных потребителей к точности определения места крупногабаритного судна в зависимости от районов плавания при оценке вероятности отсутствия навигационного происшествия более 0,997, а также требования речных потребителей к точности определения места при решении других задач приведены в табл. 4.

Таблица 4

Требования речных потребителей для различных решаемых задач

Решаемые задачи	Районы плавания и проведения работ	Точность измерения координат (СКП), м
Обеспечение движения судна по внутренним водным путям	Озера, водохранилища	10–17
	Свободные реки: европейской части России; Сибири (другие государства – участники СНГ)	2,5–5 2,5–7,5 –
	Каналы	1–2,5
Гидрографические работы, расстановка знаков судоходной обстановки; поддержание заданных габаритов водного пути	Озера и водохранилища	2–3,5
	Свободные реки: европейской части России; Сибири (другие государства – участники СНГ)	0,5–1 0,5–1,5 –
	Каналы	0,2–0,5
Землечерпательные и дноуглубительные работы	Свободные реки и каналы	0,1–0,2
Прокладка кабелей и трубопроводов	Свободные реки и каналы	0,5
Диспетчерские задачи по мониторингу	Внутренние водные пути России	50

Анализ изложенных требований речного транспорта показывает, что их удовлетворение в наибольшей степени возможно с использованием ГНСС и их функциональных дополнений.

2.6. Требования наземных потребителей

Автотранспорт

Обобщенные задачи при использовании автотранспорта и соответствующие требования к РНС можно сгруппировать следующим образом:

перевозки в городских условиях требуют точности (СКП) 5 м, доступности РНС и их функциональных дополнений 0,98–0,99, в том числе в условиях высотной городской застройки. Специальные требования по непрерывности навигационного обслуживания в таких системах не предъявляются;

междугородные перевозки и внедорожные транспортные операции, которые требуют точности определения координат (СКП) 10 м, доступности РНС и их функциональных дополнений 0,98–0,99;

перевозки специальных и опасных грузов требуют точности определения координат (СКП) 5 м, доступности РНС и их функциональных дополнений более 0,99 и высокой непрерывности обслуживания. Требуется также обеспечение устойчивого контроля положения в условиях возможных помех;

операции транспорта специальной техники дорожных служб требуют точности определения координат (СКП) 5 м в городах и 10 м на автодорогах;

обеспечение строительно-планировочных и дорожных работ в городах и на автодорогах требует геодезической точности (СКП) 0,02–0,05 м и должно реализовываться с использованием специальной навигационной аппаратуры, работающей как с сигналами ГНСС, так и с сигналами их функциональных дополнений, такого же уровня точности требует местоопределение сельскохозяйственных машин в интересах решения задач точного земледелия.

Навигационная информация необходима для эффективного управления транспортными средствами как в режиме персональной навигации, так и в режиме внешнего управления. Персональная навигация осуществляется с использованием специального пользовательского оборудования ГНСС – так называемых навигаторов. Аналогичным образом осуществляется и персональная навигация пешеходов, туристов и т. д.

Типовые требования к точностным характеристикам навигационного обеспечения транспорта приведены в табл. 5, основные операционно-технические требования для систем управления автотранспортом – в табл. 6.

Новые требования возникают в аспекте обеспечения навигационных потребностей высокоавтоматизированных транспортных средств при безусловном соблюдении требований безопасности дорожного движения. В понятие высокоавтоматизированные транспортные средства включены также автономные или беспилотные транспортные средства. При этом необходимо учитывать вероятное появление уже в ближайшем будущем самоуправляемых автомобилей, взаимодействующих между собой, с интеллектуальными транспортными системами и с дорожной инфраструктурой по технологии V2X. Во всех случаях в автоматизированных системах управления транспортных средств должны использоваться навигационные данные.

**Типовые требования к точностным характеристикам (СКП)
навигационного обеспечения транспорта (м)**

Условия движения наземного транспорта	Требования к точности местоопределения (м), в режимах	
	Автономное местоопределение	Диспетчерское управление
Общегородские и пригородные перевозки	15–65	7–50
Проводка автомобиля по центру города	15–65	1,5–15
Транзитные перевозки между городами	50–250	12–150

Таким образом, в настоящее время требуются существенное повышение точности определения координат и высокая непрерывность обслуживания. Необходимо ориентироваться на точность позиционирования (СКП) в пределах полосы движения высокоавтоматизированных транспортных средств от 0,33 м до 3,3 см при движении на допустимых дорожных скоростях.

Указанные требования должны быть обязательно предъявлены для обеспечения устойчивого позиционирования высокоавтоматизированных транспортных средств в условиях вероятных помех, особенно в зоне плотной городской застройки. Необходимо отметить, что первоначальная сфера внедрения новых технологий сосредоточена на автомагистралях с постепенным переходом на городскую среду.

Такое повышение точности может быть реализовано с применением методов RTK с помощью ГНСС посредством получения дифференциальных поправок, принимаемых аппаратурой пользователя от базовой станции.

Перспективным способом решения задачи представляется также использование методов позиционирования высокой точности PPP, но в этом случае потребители нуждаются в относительно дорогостоящих (на данный момент) многочастотных приемниках.

Вместе с тем целесообразно обеспечить совместимость средств позиционирования с техническими решениями, принятыми производителями высокоавтоматизированных транспортных средств в государствах – участниках СНГ.

Специальные требования по непрерывности навигационного обслуживания в системах наземных потребителей в настоящее время не предъявляются.

Основные операционно-технические требования для перспективных систем управления автотранспортом

Характеристика	Системы управления городским автотранспортом	Системы управления региональными перевозками	Системы управления международными перевозками	Системы управления для индивидуального автотранспорта
Инструментальная емкость системы (количество одновременно обслуживаемых автомобилей)	500–1 000	500	1 000 ¹	–
Средний темп обмена данными, с	30 10 – для спецтранспорта	60–90	900–7 200	–
Точность (СКП) навигации, м	В центре – 2,5; на трассе – 15	10	15	20
Доступность навигационного обеспечения	0,99 ¹	0,95	0,95	0,9
Целостность (надежность) обеспечения навигационными данными и связью	0,98; 0,99 – для спецсистем	0,97	0,97	–
Совместимость систем	Единые стандарты на интерфейсы, используемые для выхода на радиолинии			–

¹ С учетом локальной навигации.

Железнодорожный транспорт

Требования к характеристикам спутниковых РНС по точности определения местоположения (позиционирования) объектов железнодорожного транспорта можно объединить в три группы:

1) те системы и транспортные операции, в которых необходимо контролировать дислокацию подвижного состава, в том числе с опасными грузами и охраняемыми лицами, местоположение подвижных средств диагностики и путевых машин в целях мониторинга выполнения плановых заданий, подхода к месту проведения работ и т. д. Для таких функциональных приложений достаточна точность позиционирования (СКП) 10 м, что, в принципе, достигается при непосредственных спутниковых определениях при условии работы с орбитальными группировками ГЛОНАСС/GPS в штатных конфигурациях по 24 спутника в каждой системе;

2) те системы и производственные операции, в которых спутниковая навигационная информация используется непосредственно в системах управления и обеспечения безопасности движения объектов железнодорожного транспорта. Для таких функциональных приложений

требуется навигация с точностью определения положения объекта подвижного состава до конкретного рельсового пути, что соответствует точности позиционирования (СКП) 0,33 м;

3) системы обеспечения контроля путевого хозяйства и путевого строительства, которые требуют «сантиметровой/миллиметровой» точности определения местоположения. Технически это возможно только в случае совместного использования сигналов систем ГЛОНАСС/GPS/GALILEO с поправками систем дифференциальной коррекции (дифференциальными поправками) с использованием спутниковых широкозонных или наземных локальных (региональных) дифференциальных дополнений.

Сводные данные к требуемым точностям позиционирования по направлениям деятельности хозяйств и служб железных дорог, определяемые действующими нормативно-техническими документами, приведены в табл. 7.

**Технические требования потребителей
к точности определения местоположения**

Область (виды) применения координатной информации	Объекты, требующие координатного определения	Требования по точности определения местоположения	Требования к надежности определения местоположения	Основные нормативно-технические источники
---	--	---	--	---

1	2	3	4	5
1. Инженерно-геодезические изыскания для строительства новых и капитального ремонта действующих железных дорог	<p>Пункты спутниковой геодезической сети</p> <p>Четкие объекты (элементы) местности</p> <p>Рельеф местности</p>	<p>СКП взаимного положения пунктов спутниковой геодезической сети не должна превышать 2–3 см в плане</p> <p>СКП определения четких объектов местности относительно пунктов спутниковой геодезической сети не должна превышать 0,4–0,5 мм на топографическом плане</p> <p>СКП изображения рельефа горизонталями не более ¼ принятого сечения рельефа</p>	<p>Предельные погрешности, равные 5 см, не должны превышать на 10 %</p> <p>Предельные погрешности, равные 0,8 мм, в масштабе плана не должны превышать на 10 %</p> <p>Предельные погрешности, равные ½ принятого сечения рельефа, не должны превышать на 10 %</p>	<p>1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000–1:500. ГКИНП-02-033-82.</p> <p>2. Свод правил СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства.</p> <p>3. Richtlinie DB 883.0031. Fahrbahnen abstecken (Руководство по полевому трассированию)</p>
2. Полевое трассирование (перенос проекта в натуру)	Основные элементы рельсовой колеи, стрелочных переводов и т. п.	СКП переноса элементов рельсовой колеи не должны превышать 1,5 см в продольном направлении, 0,25 см в поперечном направлении относительно пунктов спутниковой геодезической сети	Удвоенные СКП не должны превышать на 5 %	
3. Контроль геометрических параметров рельсовой колеи с помощью путеизмерительных средств для вычисления установочных данных для выправки пути	<p>Каркасные пункты специальной реперной сети</p> <p>Главные и промежуточные (рядовые) пункты специальной реперной сети</p> <p>Рабочие пункты</p>	<p>СКП положения пункта – 25 мм;</p> <p>СКП взаимного положения – 5 мм в плане</p> <p>СКП взаимного положения пунктов через 10 км – 15 мм в плане;</p> <p>через 500 м – 4 мм в плане;</p> <p>через 500 м – 2,5 мм по высоте</p> <p>СКП взаимного</p>	Удвоенные СКП не должны превышать на 5 %	Специальная реперная система контроля состояния железнодорожного пути в профиле и плане. Технические требования, утвержденные МПС России 26 марта 1998 года

1	2	3	4	5
	<p>специальной реперной сети</p> <p>Геометрические характеристики рельсовой колеи</p>	<p>положения – 2,5 мм в плане и 1,5 мм по высоте</p> <p>Относительные СКП определения отклонений оси пути от заданного положения не должны превышать 0,04 мм/м в плане и 0,03 мм/м по высоте</p>	<p>При использовании путеизмерительного вагона и тележки, для повышения надежности и точности, с применением спутниковых приемников и спутниково-инерциальных систем на практике производят избыточные измерения с таким расчетом, чтобы съем информации проводился каждые 20–25 см пути</p>	<p>Материалы обоснования инвестиций в строительство высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург. Инженерно-геодезические изыскания. РЖДП-077/03-008</p>
4. Содержание земляного полотна	<p>Элементы земляного полотна, водоотводных, укрепительных защитных сооружений</p>	<p>Требования к видам, периодичности, сроки и порядок осуществления надзора за земляным полотном установлены Инструкцией по содержанию земляного полотна. Определен каталог дефектов земляного полотна. Цифровая модель земляного полотна составляется на основе выполнения специальных периодических съемок с использованием спутниковых, аэрокосмических, бортовых и наземных методов съемки, в том числе с использованием радиолокаторов. По точности цифровая</p>	<p>Для укрепления устойчивости земляного полотна на каждой дистанции пути утверждается перечень видов деятельности по содержанию земляного полотна, рассчитанный на полное устранение деформаций</p>	<p>Инструкция по содержанию земляного полотна железнодорожного пути. Утверждена МПС России 30 марта 1998 года ЦП-544</p>

1	2	3	4	5
		<p>модель земляного полотна соответствует точности масштаба 1:1 000</p>		
<p>5. Содержание искусственных сооружений</p>	<p>Элементы искусственных сооружений (мостов, путепроводов, эстакад, виадуктов, тоннелей, водопропускных труб, лотков, галерей, селеспусков и т. д.)</p>	<p>Требования к видам, периодичности, сроки и порядок осуществления надзора за искусственными сооружениями установлены Инструкцией по содержанию искусственных сооружений. Цифровая модель искусственных сооружений составляется на основе инструментальных периодических съемок с использованием спутниковых приемников, лазерных сканирующих систем, высокоточных электронных тахеометров-автоматов, геотехнических датчиков. Для оперативного наблюдения динамических свойств наиболее важных и ответственных объектов должна быть обеспечена высокая точность измерения пространственных данных в мм и см диапазоне в режиме реального времени</p>	<p>Надежность надзора за искусственными сооружениями обеспечивается автоматизированной системой, создаваемой для постоянного наблюдения за искусственными сооружениями</p>	<p>Инструкция по содержанию искусственных сооружений. Утверждена МПС России 28 декабря 1998 года ЦП-628</p>

1	2	3	4	5
6. Межевание полосы отвода железной дороги	Межевые знаки полос отвода железной дороги	СКП положения межевых знаков относительно пунктов спутниковой геодезической сети должна быть не более 10 см (0,1 мм на плане масштаба 1:1 000)	Надежность полученных результатов контролируется на основе установленной процедуры межевания земель	Инструкция по межеванию земель. Утверждена Роскомземом 18 апреля 1996 года. Основные положения об опорной межевой сети. Утверждены Росземкадастром 15 апреля 2002 года
7. Обеспечение безопасности железно-дорожного движения	Подвижные средства, специальные подвижные средства	В соответствии с требованиями безопасности СКП определения местоположения поезда должна составлять 0,5 м (для распознавания пути, на котором находится поезд), эксплуатационная готовность – 99,98 % и длительность тревожного состояния – 1 с	Для обеспечения надежности определения местоположения поезда в системе дифференциальной коррекции и мониторинга ГЛОНАСС и GALILEO создаются сервисы по повышению надежности спутниковой навигации на железных дорогах	Проект «GALILEO для железных дорог»

В части характеристик доступности данных спутниковых навигационных определений для систем железнодорожного транспорта требуемое значение соответствует 0,98–0,99 во всех условиях, включая железнодорожные операции на территории предприятий и в городах с высотной застройкой, операции в глубоких карьерах и на перегонах в глубоких выемках.

Для обеспечения устойчивости функционирования и повышения точности позиционирования на подвижных объектах железнодорожного транспорта необходимо внедрять мультисистемную ГЛОНАСС/GPS, а в перспективе – ГЛОНАСС/GPS/ГАЛИЛЕО навигационную аппаратуру с корректирующими поправками, получаемыми с помощью спутниковой широкозонной системы дифференциальной коррекции и мониторинга. Сантиметровый и более высокие уровни точности могут быть достигнуты с использованием локальных дифференциальных подсистем.

2.7. Требования в интересах геодезического обеспечения

Преимущество спутниковых технологий перед обычными методами геодезии является настолько впечатляющим, что они находят в топографо-геодезическом производстве государств – участников СНГ все более широкое применение, несмотря на высокую стоимость оборудования.

Требуемую в геодезии высокую точность можно получать при одновременных наблюдениях спутников ГНСС несколькими приемниками по фазовым измерениям. При такой методике наблюдений один из приемников обычно расположен в пункте с известными координатами, а положение остальных приемников можно определить относительно первого приемника с точностью несколько миллиметров. Этот метод получил название относительного метода. При этом возможны измерения на расстояниях от нескольких метров до тысяч километров.

Необходимо отметить, что на территориях государств – участников СНГ используются различные системы координат, в том числе ГСК-2011, ПЗ-90.11, СК-95, СК-42, WGS-84. Национальные государственные системы отсчета координат реализуются пунктами государственной геодезической сети, включающей пункты фундаментальной астрономо-геодезической сети, высокоточной геодезической сети, спутниковой геодезической сети 1-го класса и геодезические сети сгущения.

Требования различных потребителей к исходным астрономо-геодезическим и гравиметрическим данным значительно отличаются по точности и оперативности.

Требования потребителей к точности исходных астрономо-геодезических и гравиметрических данных при решении специальных задач приведены в табл. 8.

Таблица 8

Требования потребителей к точности исходных астрономо-геодезических и гравиметрических данных

Задачи геодезического обеспечения	Потребители	Погрешность (СКП)
Создание геоцентрической системы координат (точность отнесения к центру масс Земли), м	Космические исследования, фундаментальная наука, навигация, океанография, космическая геодезия	0,05
Определение параметров гравитационного поля Земли: высоты геоида глобально, м уклонения отвесной линии, угл. сек.		0,1 0,02–0,03 (территория России) 0,5–1
Определение связей систем координат: линейные элементы, м угловые элементы, угл. сек.		0,05–0,1 0,01

Задачи геодезического обеспечения	Потребители	Погрешность (СКП)
Определение параметров ориентации Земли, угл. сек.		0,001

Технологии высокоточного позиционирования на основе ГНСС ГЛОНАСС в режиме постобработки позволяют определять координаты пунктов государственной геодезической сети с погрешностью порядка единиц миллиметров, что гарантирует удовлетворение требований потребителей в интересах геодезического обеспечения.

2.8. Требования в интересах космических потребителей

Для перспективных КА различного целевого назначения предусматривается значительное повышение эффективности решения целевых задач с одновременным повышением автономности их функционирования. Это вызывает резкое возрастание требований к навигационному обеспечению КА, которые не могут быть обеспечены традиционными наземными средствами и требуют использования бортовых средств навигационного обеспечения.

При этом навигационные приемники ГНСС ГЛОНАСС становятся неотъемлемой частью бортового комплекса управления КА, информация от которых используется как для уточнения орбитальных параметров движения центра масс КА, так и для планирования целевых задач в бортовом комплексе управления КА.

Основные требования к точности определения параметров движения центра масс и ориентации перспективных КА бортовыми средствами навигационного обеспечения представлены в табл. 9 и 10.

Таблица 9

Требования к точности бортовых средств навигационного обеспечения перспективных КА

Классы КА	Погрешность определения параметров движения центра масс (СКП)	Примечание
КА связи и ретрансляции	Не хуже 200 м по всем координатам	
КА навигационного обеспечения	0,7 м – эквивалентная погрешность эфемерид (в направлении от КА на потребителя)	Погрешность приведена на 2014 год и далее снижается в соответствии с положениями федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы»
КА геодезического обеспечения	0,03 м – вдоль орбиты и в боковом направлении, 0,03 м – по высоте	
КА системы обнаружения терпящих бедствие объектов	33 м по всем координатам	
КА геофизического обеспечения	17–50 м по всем координатам	

Таблица 10

Требования к точности систем ориентации перспективных КА

Классы КА	Требования к точности систем ориентации КА (СКП), угл. мин.
КА связи и ретрансляции	1–1,3 по всем каналам
КА навигационного обеспечения	10 по всем каналам
КА геодезического обеспечения	2–3,3 по всем каналам
КА геофизического обеспечения	2 по всем каналам

Требуемая точность навигационного обеспечения других КА, ракет-носителей, разгонных блоков, орбитальных станций составляет 20–30 м. Для выполнения ряда ответственных динамических операций КА (сближение КА, спуск и посадка КА на Землю и т. п.), а также решения ряда высокоточных задач навигации, геодезии, геодинамики, картографии и других с использованием КА специального назначения (навигационные, геодезические,

дистанционного зондирования Земли и др.) требуемая точность определения местоположения этих КА должна быть не хуже 1 м.

Наибольшие требования по точности НО предъявляются к бортовым средствам КА навигационного и геодезического обеспечения, а по точности ориентации – к бортовым средствам КА связи и навигации. Для перспективных космических средств целесообразно предъявить требования по точности (СКП) для скорости и углов ориентации на уровне 0,01 м/с и 0,6 угл. мин. соответственно.

2.9. Требования единых служб спасания

В настоящее время в интересах обнаружения терпящих бедствие объектов эксплуатируется международная спутниковая поисково-спасательная система Коспас-Сарсат (система Коспас-Сарсат). В составе системы задействованы геостационарные и низкоорбитальные КА. 35-летний опыт эксплуатации системы доказал ее высокую эффективность по сравнению с другими средствами спасания.

Однако современные потребности служб спасания не могут быть в полной мере обеспечены в связи с тем, что спутниковым системам присущи недостатки, такие как низкая точность местоопределения объектов и недостаточная оперативность передачи информации (в низкоорбитальных системах), а также необеспечение глобальности обзора земной поверхности (в геостационарных системах).

Требования к перспективным спутниковым системам обнаружения терпящих бедствие объектов находятся в стадии формирования.

Обновленные требования к системе Коспас-Сарсат были обозначены при принятии решения об использовании среднеорбитальной группировки КА ГНСС (в том числе КА ГЛОНАСС) в целях обеспечения поиска и спасания в дополнение к существующим космическим системам с учетом завершившейся разработки аварийных радиобуев и радиомаяков второго поколения.

Требования учитывают разнообразие возможных объектов: от крупных морских судов и самолетов до маломерных судов и легкомоторных летательных аппаратов, а также людей, попавших в чрезвычайные ситуации. Требования имеют следующие показатели:

- зона обслуживания – глобальная;
- оперативность обнаружения объекта – единицы минут;
- вероятность обнаружения объекта – не хуже 0,99;
- оперативность доставки информации в центры приема – единицы минут;
- точность определения координат места аварии (СКП) – 33 м;
- число одновременно обнаруживаемых аварийных объектов – 150–250;
- обеспечение функционирования линии обратной связи к аварийным радиобуям для подтверждения приема сигнала бедствия и контроля за передачами аварийных радиобуев;
- формирование дополнительных закодированных данных для поисковых служб.

Указанные требования выдвигаются для обеспечения проведения спасательных операций не только на открытой, но и на пересеченной местности.

2.10. Требования к частотно-временному обеспечению

Существующая практика показывает насущную потребность в непрерывном получении потребителем информации о точном времени и эталонных частотах.

Обобщенные требования к синхронизации шкал времени и синхронизации частоты задающих генераторов приведены в табл. 11.

Таблица 11

Требования к синхронизации шкал времени объектов и к нестабильности частоты

Объекты и задачи	Параметры					
	Точность привязки к универсальному координированному времени (UTC)			Покрытие	Доступность, %	Дискретность
	Уровень	Стабильность	Относительность			
Системы связи, включая подсистемы управления и другие системы поддержки	Десятки нс	10^{-12} (частота)	До 100 нс, 1 сут. усред.	Национальное	99,7	Непрерывно
Научное сообщество	Нс	10^{-16} (частота, 30 сут. усред.)	50 нс, 1 сут. усред.	Глобальное	99,7	Непрерывно
Банки и финансы	С	–	–	–	Уточняется	Уточняется
Синхронизация электроэнергетики	Мкс	–	–	Континент	99,7	1 с

Основными потребителями в системе частотно-временного обеспечения являются операторы сетей электросвязи. Потребителями сигналов единого точного времени также являются: вычислительные комплексы и компьютерные серверы (системы управления и мониторинга сетевым оборудованием), оборудование транспортных сетей и сетей коммутации, серверы биллинга и баз данных; оборудование передачи данных и пакетной коммутации (маршрутизаторы, коммутаторы) и т. д.

Информация о точном времени может использоваться и энергетическими компаниями для измерения разности фаз на электростанциях, регистрации событий, последующего анализа ситуаций, измерения фазы и частоты тока электростанций и т. д.

Еще одним применением точного времени является синхронизация часов при проведении астрономических наблюдений типа наблюдений на интерферометрах со сверхдлинной базой, использующих пульсары. Соответствующие требования здесь пока находятся в стадии формирования.

Развитие цифровых сетей операторов электросвязи обуславливает необходимость создания и совершенствования системы тактовой сетевой синхронизации, которой называется комплекс технических средств, обеспечивающих формирование эталонных сигналов синхронизации и их передачу по сети всем задающим генераторам в оборудовании цифровых систем передачи и коммутации. Наиболее высокие требования к синхронизации предъявляются, когда цифровые системы коммутации взаимодействуют с системами передачи синхронной цифровой иерархии.

В государствах – участниках СНГ задача частотно-временного обеспечения решается посредством излучения эталонных сигналов частоты и времени специализированными радиосредствами, а также методами и средствами тактовой сетевой синхронизации.

Эталонные сигналы частоты и времени предназначены для передачи размеров единиц времени, частоты и шкалы координированного времени UTC от государственного первичного эталона к эталонным и рабочим средствам измерений с целью обеспечения единства измерений в стране.

Радионавигационные средства, в том числе ГНСС ГЛОНАСС и радионавигационные системы диапазонов длинных и сверхдлинных волн, являются средствами трансляции эталонных сигналов частоты и времени.

2.11. Требования специальных потребителей навигационных услуг

Радионавигационное обеспечение потребителей силовых ведомств и правоохранительных органов государств – участников СНГ требуется при решении следующих задач:

- управление мобильными силами и средствами;
- дистанционное определение координат удаленных объектов и выдача навигационных целеуказаний;
- геодезическое и картографическое обеспечение специальных задач;
- синхронизация шкал времени в системах связи, локальных вычислительных сетях и пунктах управления правоохранительных органов;
- контроль служебного транспорта;
- оснащение транспортных, технических средств и систем, подлежащих использованию при объявлении мобилизационной готовности и предназначенных для работы в особые периоды военно-политической обстановки.

В деятельности правоохранительных органов могут быть выделены частные задачи, требующие специального навигационного обеспечения:

создание автокоридоров безопасности, осуществление магистральных перевозок пассажиров и транспортировки грузов, междугородные перевозки спецконтингента, мониторинг больших группировок служебного транспорта правоохранительных органов;

обеспечение безопасности при охране важных государственных объектов (критически важные и потенциально опасные объекты), в том числе контроль за смещением элементов стационарных сооружений и конструкций;

раскрытие преступлений (скрытое наблюдение за перевозками оружия, наркотических средств и т. п.);

действия спецподразделений при решении служебных задач по охране общественного порядка, проведении спецопераций в условиях ограниченной видимости КА (в том числе в «закрытых» помещениях, лесисто-гористой местности);

поиск угнанных или похищенных транспортных средств, оснащенных навигационной аппаратурой спутниковых противоугонных систем;

слежение за поднадзорными лицами с помощью малогабаритных браслетов;

управление беспилотными летательными аппаратами, аэростатами и воздушными зондами для решения специальных задач;

дистанционное зондирование Земли в целях выявления противозаконной деятельности (незаконная порубка леса, посевы наркосодержащих растений, умышленные поджоги и т. п.).

Требования специальных потребителей к радионавигационному обеспечению сформулированы по группам задач и представлены в табл. 12.

Таблица 12

Требования специальных потребителей к точности местоопределения

Решаемые задачи	Погрешность местоопределения (СКП), не более, м
Диспетчерские задачи	15
Профилактика и раскрытие преступлений. Решение задач в городских условиях (патрулирование улиц, преследование и задержание преступников, поиск угнанных автомобилей, скрытое наблюдение за одиночными подвижными объектами и т. д.)	5–7,5
Проведение антитеррористических операций, освобождение заложников, ведение боевых действий, мониторинг отдельных бойцов и военнослужащих, мониторинг спецпоездов и железнодорожных составов	1,5–2,5
Работа спецподразделений в особых условиях (закрытые, задымленные помещения, подземные помещения (подвалы, тоннели), гористая местность, сложная помеховая обстановка и др.), мониторинг беспилотных летательных аппаратов в зоне проведения спецопераций	0,5–1,5 (с использованием средств функциональных дополнений)

Важным элементом будущей перспективной системы координатно-временного и навигационного обеспечения спецпотребителей на базе ГНСС ГЛОНАСС должна стать система мониторинга радионавигационных помех ГНСС. Целесообразность создания этой системы обусловлена ухудшением электромагнитной обстановки вследствие увеличения количества навигационно-связных систем, повышением уровня промышленных помех

вследствие промышленного производства, а также усилением рисков создания преднамеренных помех.

2.12. Обобщенные требования основных групп потребителей

Обобщенные требования к РНС определены на основании требований воздушных, морских, речных наземных и космических потребителей с учетом международных требований по обеспечению наиболее массовых потребителей радионавигационной информации – воздушных и морских.

Международные требования к навигационному обеспечению авиационных средств и кораблей определены в документах международных организаций ИКАО и ИМО.

Основные обобщенные требования к радионавигационному обеспечению при местоопределении приведены в табл. 13.

Таблица 13

Основные обобщенные требования потребителей к навигационному обеспечению

Потребители	Решаемые задачи	Рабочая зона	Погрешность местоопределения (СКП), м	Доступность (эксплуатационная готовность)	Целостность (вероятность или время)
-------------	-----------------	--------------	---------------------------------------	---	-------------------------------------

1	2	3	4	5	6
ВОЗДУШНЫЕ	Полеты по маршруту (трассе)	Глобальная, региональная	370–1850	0,99–0,99999	$1 \times 10^{-7}/ч$
	Полеты в зоне аэродрома	Район аэродрома	370	0,99–0,99999	$1 \times 10^{-7}/ч$
	Некатегорированный заход на посадку	Район аэродрома	8–110 – в плане; 4–10 – по высоте	0,99–0,99999	$1 \times 10^{-7}/ч$
	Заход и посадка по категориям ИКАО	Зона средств посадки	2–8,5 – в плане; 0,3–2 – по высоте	0,99–0,99999	$1–2 \times 10^{-7}$
	Спецзадачи, геодезические и геофизические наблюдения	Локальная	1–10	0,999	0,999
МОРСКИЕ	В районах океанского плавания	Глобальная	50	0,998 за 30 суток	10 с
	В районах прибрежного плавания при невысокой интенсивности движения судов	Региональная	5	0,995 за 2 года	10 с
	При плавании в портах, на подходах к ним и в прибрежной зоне с высокой интенсивностью движения судов	Локальная	5	0,998 за 2 года	10 с
	По всему Мировому океану (перспективные требования)	Глобальная	5	0,998–0,9997	10 с
	При плавании в акваториях портов и выполнении специальных работ (перспективные требования)	Локальная	0,05–0,5	0,998–0,9997	10 с
РЕЧНЫЕ	Движение судов по внутренним водным путям:				
	озера, свободные реки	Районы озер, рек	2,5–17	0,995–0,998	5 с
	каналы	Районы каналов	1–2,5	0,995–0,998	5 с
	расстановка знаков, картография и т. д.	Районы рек, каналов	0,1–3,5	0,99	5 с
	Мониторинг судов	Внутренние водные пути России	50	–	–
НАЗЕМНЫЕ	Движение наземного транспорта в городах и пригородах. Мониторинг. Вызов машин при аварии,	Локальная	2,5–10	0,98–0,99	0,98–0,99

1	2	3	4	5	6
	машин скорой помощи				
	Движение при междугородных, региональных и международных перевозках. Мониторинг. Вызов машин при аварии, машин скорой помощи	Региональная, локальная	10–15	0,95	0,97
	Решение специальных задач (обеспечение спецпотребителей МВД и др.)	Локальная	2,55–15	0,99	0,99
	Управление движением объектов РЖД, строительными и сельскохозяйственными машинами	Региональная, локальная	0,05–0,5	0,9998	1 с
	Картография и геодезия, землеустройство, путевое хозяйство РЖД	Глобальная, региональная, локальная	0,1 0,02–0,05 0,003–0,006	–	–
КОСМИЧЕСКИЕ	КА связи и ретрансляции		200		
	КА навигационного обеспечения		0,5 (может снижаться)		
	КА геодезического обеспечения, ДЗЗ		0,02–0,3		
	КА системы обнаружения терпящих бедствие объектов		33		
	КА геофизического обеспечения, ракеты-носители, разгонные блоки, орбитальные станции		17–50		

3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУЩЕСТВУЮЩИХ И РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

3.1. Классификация радионавигационных систем

Существующие и разрабатываемые РНС делятся на две основные группы в зависимости от места размещения штатных передающих средств:

- 1) космического базирования (спутниковые РНС);
- 2) наземного базирования (стационарные и мобильные).

Классификация РНС представлена на рис. 2.

Распределение полос радиочастот для радиоэлектронных средств РНС осуществляется в соответствии со статьей 5 Регламента радиосвязи МСЭ для Района 1. Диапазоны радиочастот, используемые действующими радиоэлектронными средствами радионавигационных систем, указаны в приложении.

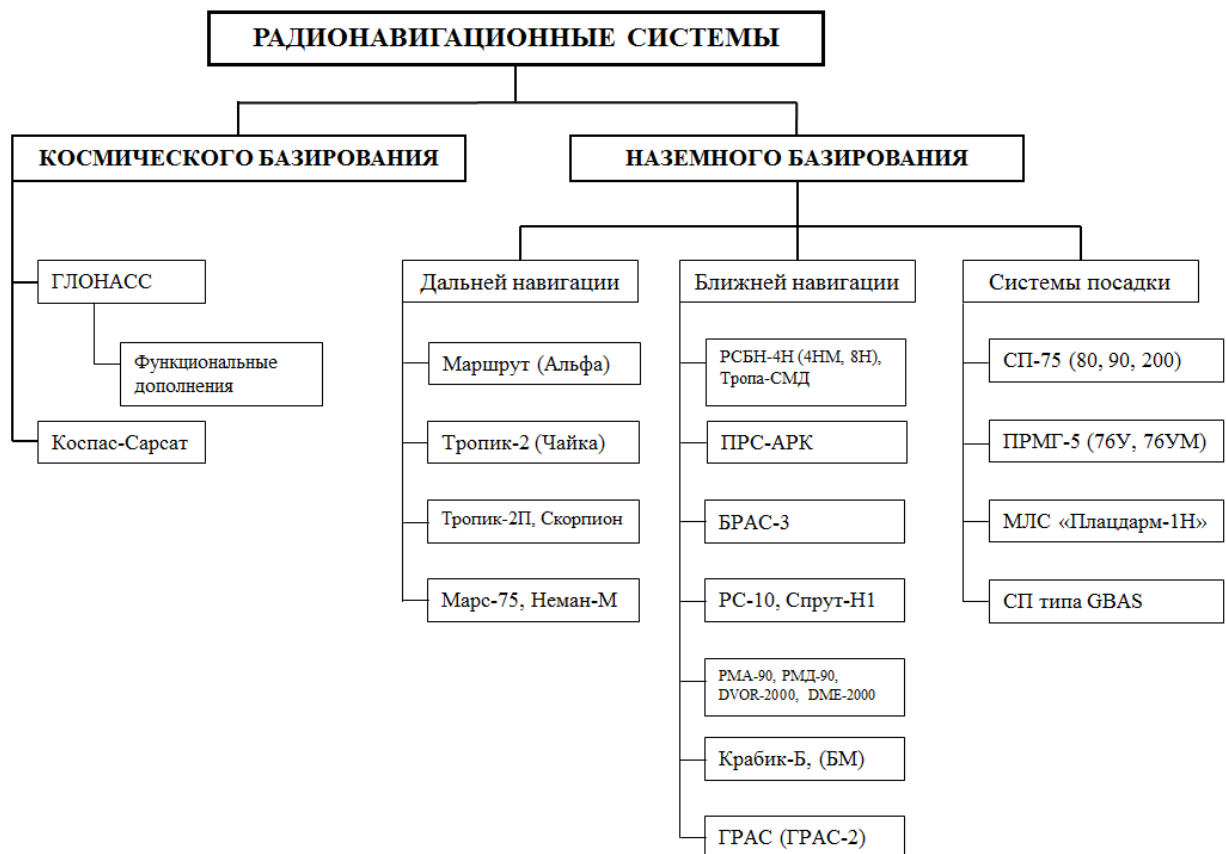


Рис. 2. Классификация существующих радионавигационных систем

3.2. Спутниковые навигационные системы

3.2.1. Глобальные навигационные спутниковые системы

В настоящее время и в ближайшей перспективе потребителями государств – участников СНГ могут использоваться следующие ГНСС:

ГЛОНАСС (Россия);

GPS (США);

GALILEO (ЕС);

BEIDOU (КНР).

ГНСС ГЛОНАСС и GPS функционируют в полном объеме.

ГНСС GALILEO и BEIDOU находятся в стадии развертывания.

Основные характеристики указанных ГНСС приведены в табл. 14.

Таблица 14

Основные характеристики ГНСС

Характеристика	Тип ГНСС			
	ГЛОНАСС	GPS	GALILEO	BEIDOU
Тип орбиты	Средневысотная околокруговая	Средневысотная околокруговая	Средневысотная околокруговая	Средневысотная околокруговая, геосинхронная наклонная околокруговая, геостационарная
Высота орбит, не более, км	19 100	20 181,6	23 222	21 527
Количество плоскостей	3	6	3	3
Наклонение, град.	64	55	56	55
Количество КА в плоскости	8	5–6	10	9
Штатный/текущий состав КА	24/26	32/31	27/17	31/(15+16) 3/6 5/6
Период обращения	11 ч 15 мин.	11 ч 58 мин.	14 ч 4 мин.	12 ч 53 мин.
Используемые диапазоны частот	L1, L2, L3	L1, L2, L5	E1, E5, E6	B1, B2, B3
Несущая частота, МГц	L1: 1 600,995 L2: 1 248,060 L3: 1 202,025	L1: 1 575,42 L2: 1 227,60 L5: 1 176,45	E1: 1 575,42 E5: 1 191,79 E6: 1 278,75	B1: 1 575,42 B2: 1 191,79 B3: 1 268,52

Характеристика	Тип ГНСС			
	ГЛОНАСС	GPS	GALILEO	BEIDOU
Сигнал	L1OCd L1OCp L2 КСИ L2OCp L3OCd L3OCp	C/A P M L1C _D L1C _P L2C L5I L5Q	E1A E2B E1C (пилот) E5a-I E5a-Q (пилот) E5b-I E5b-Q (пилот) E6A E6B E6C (пилот)	B1-CD B1-CP B1D B1P B2aD B2aP B2bD B2bP B3 B3-AD B3-AP
Вид модуляции	BPSK (1) BOC (1, 1) BPSK (10)	BPSK BOC (10, 5) BOC (1, 1) TMBOC (6, 1, 1/11)	BOC (15, 2,5) MBOC (6,1,1/11) AltBOC (15, 10) BOC (10, 5) BPSK	MBOC (6,1,1/11) BOC (14, 2) AltBOC (15, 10) QPSK (10) BOC (15, 2,5)

3.2.2. ГНСС ГЛОНАСС

ГЛОНАСС предназначена для определения местоположения, скорости движения, точного времени морских, воздушных, сухопутных и космических потребителей, а также для выполнения дополнительных информационных функций.

ГЛОНАСС обеспечивает решение задач координатно-временного и навигационного обеспечения в абсолютном режиме для неограниченного количества стационарных и мобильных потребителей непрерывно на всей поверхности Земли и до высот 2 000 км, и дискретно – до высот 40 000 км.

ГЛОНАСС в расширенной конфигурации включает в себя следующие составные части:

космический комплекс, состоящий из орбитальной группировки, средств выведения, наземного комплекса управления;

функциональные дополнения, включая широкозонную систему функционального дополнения – систему дифференциальной коррекции и мониторинга, а также региональные и локальные системы мониторинга и дифференциальной навигации;

система высокоточного определения эфемеридно-временной информации;

средства фундаментального обеспечения – системы оперативного определения параметров вращения и ориентации Земли, системы формирования государственной шкалы всемирного скоординированного времени, геодезической основы Российской Федерации;

навигационная аппаратура потребителей.

Радионавигационное поле системы ГЛОНАСС создается КА, находящимися на средних орбитах. Орбитальная группировка системы ГЛОНАСС включает 26 КА: 2 КА «Глонасс-К» и 24 КА «Глонасс-М». Среднеорбитальные навигационные КА движутся по круговым орбитам с номинальной высотой 19 100 км, наклоном 64,8 и периодом обращения 11 ч 15 мин. 44 с. Плоскости орбит навигационных КА и их согласованное движение по орбитам выбраны таким образом, чтобы обеспечить непрерывное и глобальное покрытие навигационным полем земной поверхности и околоземного пространства до высоты 2 000 км.

Количество зарезервированных дальномерных кодовых сигналов обеспечивает возможность расширения орбитальной группировки до 64 навигационных КА. Расширение орбитальной группировки может производиться как добавлением навигационных КА внутри или между орбитальными плоскостями, так и построением орбитальных дополнений на средневысотных, геосинхронных и высокоэллиптических орбитах.

На этапе проектирования для системы ГЛОНАСС был принят частотный метод разделения сигналов различных КА: каждый из них использует свою пару несущих частот, одна из которых принадлежит диапазону L1, другая – диапазону L2. Вплоть до завершения использования сигналов L1, L2 с частотным разделением будет поддерживаться базовая орбитальная группировка. Навигационные КА расширений орбитальной группировки могут излучать только кодовые сигналы либо кодовые и частотные совместно (при наличии свободных несущих частот).

На данном этапе развития системы ГЛОНАСС осуществляется освоение частотного диапазона L3 и с кодовым разделением.

Для радиосигналов навигационных КА системы ГЛОНАСС отведены следующие пределы полос излучений:

- L1 (1 592,9–1 610) МГц;
- L2 (1 237,8–1 256,8) МГц;
- L3 (1 190,35–1 212,23) МГц.

Параметры сигналов навигационных КА отражены в следующих документах:

«Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2 (редакция 5.1)»;

«Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал открытого доступа с кодовым разделением в диапазоне L1. Редакция 1.0»;

«Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал открытого доступа с кодовым разделением в диапазоне L2. Редакция 1.0»;

«Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал открытого доступа с кодовым разделением в диапазоне L3. Редакция 1.0»;

«Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Общее описание системы с кодовым разделением сигналов. Редакция 1.0».

3.2.3. Функциональные дополнения ГНСС ГЛОНАСС

Функциональное дополнение ГНСС представляет собой комплекс технических и программных средств, предназначенный для обеспечения потребителя ГНСС дополнительной информацией, позволяющей повысить точность и достоверность определения его пространственных координат, составляющих вектора скорости и поправки показаний часов и гарантирующей целостность ГНСС.

В общем случае под функциональными дополнениями понимаются не входящие в состав ГНСС аппаратные и программные средства, предназначенные для повышения точности навигационных определений потребителей на основе навигационного сигнала ГНСС. Общий принцип построения функциональных дополнений ГНСС состоит в реализации дифференциального режима навигационных определений, при котором потребители получают корректирующую информацию, являющуюся залогом дифференциальных поправок при «классическом» дифференциальном режиме навигации с использованием наземных контрольно-корректирующих станций. Эта корректирующая информация представляет собой оценки погрешностей измерений и данные о целостности навигационного поля ГНСС, которые учитываются потребителями при их навигационных определениях и позволяют устранить соответствующие составляющие суммарной ошибки определения местоположения.

В государствах – участниках СНГ развернуты и функционируют: комплекс функциональных дополнений ГЛОНАСС; спутниковая система точного позиционирования Республики Беларусь; система высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан.

Комплекс функциональных дополнений ГЛОНАСС имеет в составе: широкозонную СДКМ; региональные и локальные дифференциальные системы. СДКМ предназначена для повышения точности и обеспечения целостности определения местоположения морских, воздушных, сухопутных и космических потребителей.

Принцип работы СДКМ заключается в получении на основе измерений текущих навигационных параметров и навигационной информации открытых сигналов ГЛОНАСС и GPS в диапазонах L1 и L2, оперативной и апостериорной оценок эфемеридно-временной информации и карты значений вертикальных ионосферных задержек. Полученные данные используются для формирования корректирующей информации и информации целостности. Эта информация поставляется потребителю посредством КА и по Интернету.

СДКМ обеспечивает потребителей:

- информацией о целостности навигационного поля;
- уточненной эфемеридно-временной информацией;

корректирующей информацией по измерениям;
информацией о качестве функционирования ГНСС ГЛОНАСС, GPS и в перспективе – GALILEO.

СДКМ обеспечивает точность на уровне единиц метров, соответствующую требованиям стандартов SBAS ИКАО. Основной потребитель системы – гражданская авиация.

СДКМ предоставляет сервис высокоточного местоопределения, предназначенный для определения абсолютных координат неподвижных потребителей (с погрешностью до 1 м) с помощью системы базовых измерений ГНСС ГЛОНАСС с использованием эфемеридно-временной информации СДКМ, находящихся от ближайшей базовой станции не более чем в 3 000 км. Точность оценки координат потребителей зависит от продолжительности навигационного сеанса.

Зона действия СДКМ – территория Российской Федерации и прилегающие географические районы. Более 20 пунктов наблюдения СДКМ расположены на территории России, в Южной Америке и на антарктических станциях. Развитие СДКМ предусматривает развертывание дополнительных станций на территории России и около 50 станций сбора измерений более чем в 30 странах мира.

Дифференциальные спутниковые подсистемы ГНСС, обеспечивающие навигационную деятельность, представлены локальными морскими и авиационными подсистемами.

Морская дифференциальная спутниковая подсистема представляет собой комплекс технических средств, включающий контрольно-корректирующую станцию и морской радиомаяк с соответствующими инфраструктурами, обеспечивающий определение дифференциальных поправок ГНСС ГЛОНАСС/GPS и передачу корректирующей информации, что обеспечивает повышение точности и надежности навигационных определений.

Морская дифференциальная спутниковая подсистема предназначена для решения следующих задач:

- повышение навигационной безопасности судовождения при плавании по фарватерам, рекомендованным путям, системам разделения движения судов и в районах с ограниченными возможностями маневрирования;

- обеспечение систем управления движением судов информацией о координатах местоположения судов;

- внедрение автоматической идентификационной системы для контроля движения судов с опасными грузами, а также за судами, место которых должно точно и автоматически контролироваться;

- улучшение условий охраны морских ресурсов;

- создание полигонов для определения маневренных характеристик судов;

- обеспечение специальных работ, которые включают:

 - обследование акваторий при строительстве новых портовых комплексов;

 - проведение дноуглубительных работ и контроль за их выполнением;

 - гидрографическое траление;

точное выставление средств навигационного ограждения;
высокоточная геодезическая привязка опорных пунктов и знаков на подходах к новым портовым комплексам.

На внутренних водных путях, в морских портах Российской Федерации и на подходах к ним, а также в акватории Северного морского пути установлены и находятся в эксплуатации 63 локальные контрольно-корректирующие станции дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС и локальные контрольно-корректирующие станции базовых станций автоматической идентификационной системы. Дальность действия контрольно-корректирующих станций составляет 200 км.

Морская дифференциальная спутниковая подсистема ГНСС способствует оказанию помощи в аварийных ситуациях и других чрезвычайных происшествиях за счет высокоточного определения места бедствия, разлива нефти и др. Для организации оперативного обеспечения поисково-спасательных операций и других специальных работ, выполняемых вне зоны действия стационарных станций морской дифференциальной спутниковой подсистемы, создаются мобильные дифференциальные станции ГНСС с дальностью обслуживания потребителей до 100 км и сохранением всех установленных для морской дифференциальной спутниковой подсистемы характеристик.

В порту г. Актау (Республика Казахстан) размещена морская дифференциальная спутниковая подсистема, которая функционирует в составе системы высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан.

Авиационные локальные дифференциальные спутниковые подсистемы (АЛДПС) представляют собой спутниковую систему посадки воздушных судов. Состав оборудования и основные характеристики АЛДПС определяются SARPs ИКАО для системы функциональных дополнений ГНСС с наземными станциями GBAS, рассчитанной на посадку воздушных судов в условиях категории I. В качестве линии передачи данных GBAS принят радиоканал УКВ диапазона частот 108–118 МГц.

В настоящее время на 106 аэродромах Российской Федерации осуществлено развертывание средств функциональных дополнений ГНСС наземного базирования АЛДПС GBAS на базе отечественных локальных контрольно-корректирующих станций ЛККС-А-2000.

Назначение ЛККС-А-2000:

обеспечение метровой точности навигации;

обеспечение некатегорированных и категорированных заходов на посадку с обоих курсов всех ВПП аэродрома и реализация стандартных схем прибытия и вылета (P-RNAV; RNP AR; RNP 0,01);

контроль целостности сигналов ГЛОНАСС/GPS и передача на воздушные суда блоков посадочных данных, блоков данных криволинейных заходов и дифференциальных поправок;

регистрация и хранение данных о состоянии ГНСС ГЛОНАСС/GPS в зоне обслуживания в соответствии с требованиями по организации воздушного движения;

выдача информации о состоянии ГНСС взаимодействующим службам.

Спутниковая система точного позиционирования Республики Беларусь обеспечивает получение координат и высот пунктов геодезического и съемочного обоснования топографических съемок, определение на местности границ земельных участков, межевых знаков и поворотных точек границ городской черты, а также центров фотографирования аэрофотокамеры в заданной системе координат.

Спутниковая система точного позиционирования Республики Беларусь насчитывает 98 постоянно действующих пунктов (базовых станций) и обеспечивает покрытие RTK-сигналом на всей территории Республики Беларусь, обеспечивающей прием ГНСС-сигнала и GPRS-связь.

Время получения координат для первой точки составляет не более 1–1,5 мин., для последующих измерений – в реальном времени. Точность определения координат объектов в ITRF по фазовым измерениям составляет 1–2 см в плане, 2–3 см по высоте.

Точность определения координат для DGPS-приложений по кодовым измерениям составляет 0,25–1 м. Дискретность режима RTK – 1 с. Прием поправок осуществляется по GPRS-связи от серверов спутниковой системы точного позиционирования Республики Беларусь.

Система высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан обеспечивает высокую точность, качество и целостность навигационных данных на всей территории Республики Казахстан.

На территории Республики Казахстан установлено 60 дифференциальных станций, расположенных во всех областных и части районных центров. Каждая станция обеспечивает покрытие высокоточными данными в радиусе 35 км от центра антенны.

Получаемая точность координат:

в режиме DGNSS сервиса – 1 м в реальном масштабе времени на 94 % территории;

в режиме RTK сервиса – 2 см в реальном масштабе времени на 18 % территории;

в режиме PPP сервиса – не превышает 1 см в режиме постобработки.

3.2.4. Система Коспас-Сарсат

Международная спутниковая поисково-спасательная система Коспас-Сарсат предназначена для определения координат терпящих бедствие судов, самолетов и людей.

В составе системы используются геостационарные и низкоорбитальные КА.

Параметры геостационарных КА:

высота орбиты – 36 000 км;

угол наклона орбиты – 0° ;
 обзорная зона группировки геостационарных КА – 90 % земной поверхности, исключая полярные широты выше 75° .

Параметры низкоорбитальных КА:

высота орбиты – 850–1 000 км;

угол наклона орбиты – 98 – 99° ;

период обращения – 100–102 мин.;

радиус мгновенной зоны видимости – до 2 500 км.

Взаимодополняемые группировки КА системы Коспас-Сарсат обеспечивают:

глобальный обзор земной поверхности;

мгновенную ретрансляцию аварийного сигнала со всей земной поверхности;

прием переотраженного аварийного сигнала в условиях его блокирования препятствиями.

В качестве источников сигналов бедствия и определения местоположения в системе Коспас-Сарсат используются передатчики аварийных радиобуев, работающие на частотах в диапазоне 406,0–406,1 МГц. Дополнительной аварийной частотой аварийных радиобуев является частота поисково-спасательных служб 121,5 МГц.

Точность определения местоположения аварийных радиобуев составляет не хуже 5 км для низкоорбитальной группировки КА и 100 м – для геостационарных КА (при наличии навигационного приемника в составе аварийных радиобуев). Время задержки в системе не превышает 1,5 ч в средних широтах при работе через низкоорбитальные КА и 10 мин. – при работе через геостационарные КА. Вероятность определения координат аварийных радиобуев – не хуже 0,9.

Пропускная способность системы составляет для низкоорбитальной группировки КА не менее 90 источников сигнала, а для геостационарных КА – не менее 14 источников сигнала в узкой полосе и не менее 50 – в широкой полосе.

В перспективе для обеспечения глобальности и точности системы, а также оперативности приема сигналов предполагается использование аварийных радиобуев второго поколения, а также группировки среднеорбитальных КА из состава ГНСС ГЛОНАСС, GPS и GALILEO с установленной на них специальной бортовой аппаратурой.

3.3. Наземные радионавигационные системы

3.3.1. Классификация наземных радионавигационных систем

В зависимости от назначения и дальности действия наземные РНС могут быть разделены на следующие группы: радиотехническая система дальней навигации (РСДН); радиотехническая система ближней навигации (РСБН); системы посадки.

3.3.2. Радиотехнические системы дальней навигации

В настоящее время находятся в эксплуатации радиотехнические системы дальней навигации «Чайка» и «Марс-75».

Система «Чайка»

Разностно-дальномерная импульсно-фазовая радиотехническая система дальней навигации «Чайка» («Тропик-2») предназначена для местоопределения подвижных объектов всех групп потребителей в регионах их интенсивного движения с точностью, достаточной для решения транспортных задач, включая полет самолетов по маршруту, плавание судов в прибрежных водах и управление движением наземного транспорта.

В эксплуатации находятся три цепи системы:

Европейская (РСДН-3/10) в составе пяти станций, расположенных в Российской Федерации в районах городов Карачева (ведущая), Петрозаводска, Сызрани, а также в районе г. Слонима (Республики Беларусь);

Восточная (РСДН-4) в составе четырех станций, расположенных в Российской Федерации в районах городов Александровска-Сахалинского (ведущая), Петропавловска-Камчатского, Уссурийска и Охотска;

Северная (РСДН-5) в составе четырех станций, расположенных в Российской Федерации в районах городов Инты (ведущая), Дудинки, пос. Туманного, архипелага Новая Земля.

Система обеспечивает определение плановых координат с точностью (СКП) 60–1 500 м. Общая площадь рабочих зон всех цепей составляет около 20 млн кв. км.

Для работы по системе используется аппаратура потребителей:

воздушных средств – А-711, А-720, А-723;

морских средств – КПИ-5ф (-6ф – -9ф), РЦ;

наземных средств – «Нева».

Радиопередающие станции системы работают в соответствии с установленным расписанием, составляемым ежегодно.

Аналогом системы «Чайка» («Тропик-2») является РНС Лоран-С (США).

Основные характеристики импульсно-фазовой радиотехнической системы дальней навигации «Чайка» приведены в табл. 15.

Основные характеристики импульсно-фазовой радиотехнической системы дальней навигации «Чайка»

Наименование характеристики	Цепи импульсно-фазовой РСДН «Чайка»		
	Европейская	Восточная	Северная
Вид базирования	Стационарная		
Принцип действия системы	Разностно-дальномерная импульсно-фазовая		
Рабочая частота, кГц	100		
Дальность действия, км	1 500–1 900	1 600–2 200	1 200
Точность определения координат, км	0,5–2	0,5–1,5 ¹	0,5–1,5
Площадь рабочей зоны, млн кв. км	6,5	5,5	1,7
Пропускная способность	Неограниченная		
Количество станций	5	4	4
Доступность	0,9995	0,9995	0,9995
Мощность передатчика, подводимая к антенне, кВт	650	650; 3000 ²	500; 2500 ²
Дискретность измерений	Непрерывная		
Возможность передачи сигналов единого времени	Имеется	Имеется	Имеется
Возможность передачи служебной информации по радионавигационному каналу	Имеется	Имеется	Имеется
Количество мачт	5–6	1	1
Высота мачт, м	250	350	460

¹ Поправки на распространение радиоволн в большинстве районов рабочей зоны существенно повышают точность системы приблизительно в 2–3 раза.

² В зависимости от типа наземной станции (мобильный или стационарный вариант).

Система «Марс-75» («Неман-М»)

Разностно-дальномерная многочастотная импульсно-фазовая радиотехническая система дальней навигации «Марс-75» разработана по заказу Минобороны России и предназначена для обеспечения судовождения, выполнения гидрографических и специальных работ. Площадь рабочей зоны одной цепи составляет 0,8–1 млн кв. км; дальность действия – до 1 000 км.

Для работы по системе используется аппаратура потребителей КПИ-5ф, РЩ и др.

Эксплуатация действующих цепей радиотехнической системы дальней навигации «Марс-75» будет продолжаться до выработки технического ресурса и замены на новую аналогичную систему «Неман-М».

3.3.3. Радиотехнические системы ближней навигации

Радиотехнические системы ближней навигации эксплуатируются в настоящее время в интересах воздушных и морских потребителей:

воздушные потребители: РСБН-4Н (-4НМ, -8Н), Тропа-СМД; РМА-90; РМД-90; DVOR-2000; DME-2000; DME-2700; VOR-2700;

морские потребители: БРАС-3; РС-10; ГРАС (ГРАС-2); Спрут-Н1; Крабик-Б, Крабик-БМ; круговой радиомаяк морской (КРМ); АЛМАЗ.

Основные характеристики радиотехнических систем ближней навигации представлены в табл. 16.

Системы РСБН-4Н (-4НМ, -8Н), Тропа-СМД

Угломерно-дальномерные радиотехнические системы ближней навигации РСБН-4Н (-4НМ, -8Н), Тропа-СМД предназначены для обеспечения самолетовождения по воздушным трассам, выхода в район аэродрома и некатегорированного захода на посадку.

Система работает по принципу «запрос – ответ», пропускная способность не более 100 самолетов одновременно, навигационная информация выдается в полярных координатах (дальность – азимут).

Система РСБН-4Н (-4НМ, -8Н) используется в военной авиации и ограничено в гражданской авиации, например, для привода на военный аэродром, выделенный в качестве запасного.

В ближайшей перспективе планируется перевод радиоэлектронных средств радиотехнических систем ближней навигации в полосы радиочастот, рекомендованных международным Регламентом радиосвязи для воздушной радионавигационной службы. Данная процедура может быть обеспечена применением азимутально-дальномерного радиомаяка Тропа-СМД.

Основные характеристики радиотехнических систем ближней навигации

Наименование системы	Тип системы	Диапазон рабочих частот, МГц	Дальность действия, км	Точность определения места (СКП)	Дискретность измерений	Пропускная способность	Доступность
Существующие системы							
РСБН-4Н (-4НМ, -8Н)	Дальномерно-угломерная	770–812,8; 873,6–935,2; 939,6–1 000,5	50–550	200 м ± 0,03 % м; 0,25°	Непрерывно	100	0,98
Тропа-СМД	Азимутально-дальномерная	962,0–1 000,5	50–380	35 м; 0,35°	Непрерывно	30/50	0,98/0,80
ПРС-АРК	Угломерная	150–1 750 кГц	50–200	1–2,5°	Непрерывно	Неограни- ченная	0,95
БРАС-3	Разностно-дальномерная, импульсно-фазовая	1,6–2,2	200	12–60 м	Непрерывно	Неограни- ченная	0,9
РС-10	Разностно-дальномерная, импульсно-фазовая	1,6–2,2	250	3,6–12 м	Непрерывно	Неограни- ченная	0,95
ГРАС/ (ГРАС-2)	Дальномерная	4 100–4 300/ 3 902–4 198	60	0,5–1,5 м	0,03 мин.	5	0,93
Крабик-Б	Дальномерная фазовая	321–331	100	1 м	0,03 мин.	3	0,9
РМА-90	Угломерная	108–118	200–260	0,5–1°	Непрерывно	100	Не опреде- лена
DVOR-2000	Угломерная	108–118	240–340	0,5–1°	Непрерывно	200	Не опреде- лена
РМД-90	Дальномерная	950–1 215	200–260	± 150 м и ± 75 м при работе с ILS	Непрерывно	100	Не опреде- лена

Наименование системы	Тип системы	Диапазон рабочих частот, МГц	Дальность действия, км	Точность определения места (СКП)	Дискретность измерений	Пропускная способность	Доступность
DME-2000, DME-2700	Дальномерная	962–1 213	240–340	± 150 м и ± 75 м при работе с ILS	Непрерывно	200	Не определена
Разрабатываемые системы							
Спрут-Н1	Разностно-дальномерная	1,6–2,2	600	15–20 м	Непрерывно	Неограниченная	0,97
Крабик-БМ	Разностно-дальномерная, дальномерная, комбинированная; активный режим	230–332	150	0,5–3 м	Непрерывно 0,03 мин	Неограниченная	0,9

Азимутально-дальномерный радиомаяк Тропа-СМД предназначен для формирования и передачи на борт воздушного судна, оборудованного аппаратурой радиотехнических систем ближней навигации третьего и последующих поколений, сигналов, необходимых для измерения азимута и наклонной дальности от воздушного судна до места установки радиомаяка, а также обеспечения отображения информации о местоположении воздушного судна на выносных индикаторах.

Дальность действия при высоте полета 250 м составляет не менее 50 км, 3 000 м – не менее 195 км, 12 000 м – не менее 380 км.

Комплексы типа VOR/DME

Комплексы типа VOR/DME по предназначению и принципам действия аналогичны угломерно-дальномерной радиотехнической системе ближней навигации. Применяются для обеспечения полетов воздушных судов по маршрутам зональной навигации с навигационными характеристиками типа RNAV 5, стандартным маршрутам прибытия/вылета по приборам на базе навигации, основанной на применении оборудования.

Функционируют в разрешенном международном диапазоне частот.

Используемое оборудование: азимутальное – PMA-90, 5850 VOR, CVOR 431, DVOR-2000; дальномерное – РМД-90, DME-2000, 5960 DME, DME 435.

Комплексы типа DME/DME

Дальномерные комплексы типа DME/DME применяются для обеспечения полетов воздушных судов по маршрутам зональной навигации с навигационными характеристиками типов RNAV 5, RNAV 2, стандартным маршрутам прибытия/вылета по приборам, а также по схемам захода на посадку по приборам на начальном, промежуточном этапах и прерванном заходе на посадку (уходе на второй круг) на базе навигации, основанной на применении оборудования.

Функционируют в разрешенном международном диапазоне частот.

Используемое оборудование: РМД-90, DME-2000, 5960 DME, DME 435.

Комплекс ПРС-АРК

Радионавигационный комплекс ПРС-АРК предназначен для обеспечения полета по маршруту, вывода самолета на аэродром посадки, обеспечения предпосадочного маневра и выполнения неточного захода на посадку (захода на посадку по приборам без навигационного наведения по глиссаде, формируемой с помощью электронных средств).

Комплекс состоит из наземной приводной радиостанции и бортового автоматического радиокompаса, является угломерным навигационным средством (выдает направление полета самолета на принимаемую радиостанцию).

Приводными радиостанциями оборудованы все аэродромы и воздушные трассы. Серийно выпускается ряд типов автоматических радиокompасов, которыми оборудован весь самолетный и вертолетный парк России и других государств – участников СНГ.

Система БРАС-3

Разностно-дальномерная РНС БРАС-3 предназначена для обеспечения судовождения в прибрежной зоне плавания и при подходе к портам.

В состав цепи системы входят три станции.

Для работы по системе используется бортовая приемоиндикаторная аппаратура ГАЛС, КПФ-3К, РС-1 и РКС.

Серийный выпуск системы БРАС-3 прекращен, система снимается с эксплуатации и заменяется системой РС-10.

Система РС-10

РНС РС-10 по назначению и принципу работы аналогична системе БРАС-3, но имеет более высокие тактико-технические и эксплуатационные характеристики.

В состав цепи входят 3–6 станций.

Для получения навигационной информации на борту судна используются те же типы приемоиндикаторной аппаратуры, что и для РНС БРАС-3: ГАЛС, КПФ-3К, РС-1 и РКС.

Системы БРАС-3 и РС-10 для обеспечения общего мореплавания Министерством транспорта Российской Федерации не используются.

Эксплуатация действующих цепей РНС планируется до выработки технического ресурса, а затем будет заменена новой системой «Спрут-Н1».

Аналогами систем БРАС-3 и РС-10 являются РНС «Жеолок» (Франция) и «Хайперфикс» (Англия).

Система ГРАС (ГРАС-2)

Дальномерная РНС ГРАС (и ее модификация ГРАС-2) предназначена для решения задач гидрографии и других специальных задач, требующих высокой точности определения местоположения.

По принципу работы система является двухканальным радиодальномером.

Для работы по системе ГРАС используется аппаратура потребителей РНК-2, по системе ГРАС-2 – аппаратура РД-1.

Серийный выпуск системы ГРАС (ГРАС-2) прекращен, по мере выработки технического ресурса станций система будет выводиться из эксплуатации и заменяться радиогеодезическим комплексом Крабик-БМ.

Аналогом системы ГРАС (ГРАС-2) является система «Силедис» (Франция).

Система Крабик-Б

Дальномерная фазовая радиогеодезическая система Крабик-Б предназначена для высокоточной геодезической привязки подвижных и стационарных надводных объектов в прибрежной зоне.

В системе реализованы четыре режима работы: разностно-дальномерный, дальномерный, комбинированный и активный дистанционный (с использованием буйковых радиомаяков-ретрансляторов).

Система будет использоваться до внедрения радиогеодезического комплекса Крабик-БМ.

Морские радиомаяки

Морские радиомаяки представляют собой радиостанции с круговым излучением сигналов в диапазоне частот 300 кГц, обеспечивающие определение направления на них при использовании на судах радиопеленгаторов с погрешностью не больше 3° (с вероятностью 95 %). На побережье морей России установлено несколько десятков радиомаяков типов КРМ и АЛМАЗ.

В связи с одобрением ИМО применения глобальных навигационных спутниковых систем и исключением из состава обязательного судового оборудования радиопеленгаторов часть морских радиомаяков предполагается использовать в качестве радиостанций для передачи дифференциальных поправок при создании функциональных дополнений ГНСС.

3.3.4. Системы посадки

Системы посадки предназначены для получения на борту самолета, выдачи экипажу и в систему автоматического управления информации о значении и знаке отклонения от установленной траектории снижения, а также для определения моментов пролета характерных точек, определяемых установкой маркерных радиомаяков (МРМ-В, МРМ-70, РММ-95, МРМ-97, МРМ-Е612, МРМ «Кварц», МРМ-734), при заходе на посадку и выполнении посадки.

Основные характеристики существующих и разрабатываемых радиомаячных систем посадки приведены в табл. 17.

Находятся в эксплуатации и используются воздушными потребителями радиомаячные системы посадки: СП-75 (-80, -90, -200); ILS-2700, ILS-734, ПРМГ-5 (-76У, -76УМ).

Системы посадки СП-75 (-80, -90, -200)

Системы СП-75 (-80, -90, -200) формируют траекторию посадки самолета и обеспечивают его посадку в сложных метеоусловиях. Данные системы широко используются в гражданской авиации и удовлетворяют требованиям ИКАО в части обеспечения посадки по I, II и III категориям, в зависимости от модификации. Системы являются аналогом международной системы ILS.

Системы являются стационарными и функционируют в метровом диапазоне радиоволн.

Для работы по системам посадки СП-75 (-80, -90, -200) используется бортовая аппаратура «Курс-МП» (-2, -70), ILS-85, «Ось-1», VIM-95.

Система ПРМГ-5 (-76У, -76УМ)

Назначение системы посадки ПРМГ-5 (-76У, -76УМ) аналогично назначению систем СП-75 (-80, -90, -200). Система функционирует в дециметровом диапазоне радиоволн и имеет два варианта размещения: стационарный и мобильный.

ПРМГ-5 (-76У, -76УМ) обеспечивают заход на посадку военных воздушных потребителей в условиях категории I (ПРМГ-5) и категорий I–II (ПРМГ-76У, -76УМ).

Для работы по системе ПРМГ-5 (-76У, -76УМ) используется бортовая аппаратура РСБН.

В связи с тем что часть используемого диапазона выделена для мобильных систем связи, работа посадочной радиомаячной группы обеспечивается только в разрешенной части диапазона в соответствии с частотно-территориальным планированием.

На гражданских воздушных судах аппаратура РСБН может быть задействована в режиме работы по сигналам посадочной радиомаячной группы для обеспечения инструментальной посадки на аэродромы совместного базирования и, при необходимости, на военные аэродромы.

Однако гражданская авиация в перспективе использование этого режима не планирует.

Система «Плацдарм-1Н»

Система посадки «Плацдарм-1Н» обеспечивает выполнение криволинейных схем захода на посадку. Диапазон рабочих частот – 5 ГГц, инструментальная погрешность системы (СКП) – 0,02. Характеристики по доступности и целостности соответствуют требованиям стандартов ИКАО. Число каналов – 200. В соответствии с международной классификацией аналогом системы «Плацдарм-1Н» является микроволновая система посадки MLS.

Система «Плацдарм-1Н» не планируется к использованию гражданской авиацией на территориях государств – участников СНГ.

В связи с принятым ИКАО решением о продлении срока эксплуатации системы посадки ILS и развитием спутниковых технологий посадки, в гражданской авиации государств – участников СНГ планируется применение многорежимных бортовых приемников MMR (ILS/MLS/GNSS), в том числе для обеспечения международных полетов.

Авиационные локальные дифференциальные спутниковые подсистемы типа GBAS

В настоящее время сертифицирована и принята для оснащения аэродромов гражданской авиации Российской Федерации локальная дифференциальная подсистема ГНСС – наземная контрольно-корректирующая станция ЛККС-А-2000. Данная система соответствует требованиям для выполнения посадки по I категории ИКАО. Ведутся работы по оценке ее возможностей для обеспечения посадки по II и III категориям.

Создан и испытан с присвоением литеры «О₁» опытный образец ЛККС-А-2014, работающий по перспективным сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS/GALILEO.

Основные характеристики систем посадки

Наименование системы	Общая характеристика	Диапазон рабочих частот, МГц	Дальность действия, не менее, км	Категория посадки	Дискретность измерений	Пропускная способность	Доступность	Целостность
СП-75 (-80, -90; -200), ILS-2700 (-734)	Стационарная	108–112; 329–335; 75 (маркер)	46 (канал курса), 18,5 (канал глиссады)	I–III	Непрерывно	Неограниченная	0,986	Не определена
ПРМГ-5 (-76У, -76УМ)	Мобильная/ стационарная	772–1 000,5 (сокращен) ¹	45 (канал курса), 29 (канал глиссады)	I–II	Непрерывно	Неограниченная	0,95	Не определена
Плацдарм-1Н	Стационарная	5 030–5 090	Высота до 6 200 м	III	Непрерывно	200 каналов	0,95	Не определена
ЛККС-А-2000	Стационарная	108–118	37	III	Непрерывно	Неограниченная	0,99	$(1-2) \cdot 10^{-7}$

¹ Уточняется по мере освобождения диапазона для систем сотовой связи.

3.4. Системы координат и шкалы времени, используемые в радионавигационных системах

3.4.1. Системы координат

Для обеспечения функционирования РНС на территориях государств – участников СНГ применяются земная система координат (TRS), а также ее практические реализации.

TRS участвует вместе с Землей в ее суточном вращении вокруг оси и предназначена для количественного описания положения и движения объектов, находящихся на поверхности Земли и в околоземном пространстве.

Практическая реализация TRS, осуществляемая Международной службой вращения Земли (IERS), получила наименование Международная земная система отсчета (ITRF) и заключается в определении координат пунктов (и их скоростей изменения во времени), закрепляющих ITRF на поверхности Земли. Точность последних практических реализаций TRS находится на субсантиметровом уровне точности определения координат пунктов.

В настоящее время Международной службой вращения Земли получена практическая реализация TRS, обозначаемая как ITRF-2014 на эпоху 2010 года.

Практические реализации земной системы координат, используемые в ГНСС ГЛОНАСС (ПЗ-90) и GPS (WGS-84), а также референсные системы координат Российской Федерации (СК-42, СК-95, ГСК-2011) приведены в межгосударственном стандарте ГОСТ 32453-2017 «Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек».

В настоящее время в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2016 года № 1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы» установлена государственная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90), отнесенная к эпохе 2010.0 и обозначаемая как ПЗ-90.11.

Данным постановлением Правительства Российской Федерации установлено также, что:

в качестве государственной системы высот используется Балтийская система высот 1977 года, отсчет нормальных высот которой ведется от нуля Кронштадтского футштока, являющегося горизонтальной чертой на медной пластине, укрепленной в устой моста через обводной канал в г. Кронштадте;

в качестве государственной гравиметрической системы используется гравиметрическая система, определенная по результатам гравиметрических измерений на пунктах государственной гравиметрической сети, выполненных в гравиметрической системе 1971 года.

ПЗ-90.11 используется в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов, решения навигационных задач и выполнения геодезических и картографических работ в интересах обороны, устанавливается и

распространяется с использованием космической геодезической сети и Государственной геодезической сети Российской Федерации.

Система геодезических координат 1995 года (СК-95), установленная постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 года № 568 «Об установлении единых государственных систем координат» в качестве единой государственной системы координат, и единая система геодезических координат 1942 года (СК-42), введенная постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 года № 760 «О введении единой системы геодезических координат и высот на территории СССР», применяются до 1 января 2021 года при выполнении геодезических и картографических работ в отношении материалов (документов), созданных с их использованием.

При осуществлении геодезических и картографических работ в интересах гражданских потребителей используется геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011), устанавливаемая и распространяемая с использованием Государственной геодезической сети Российской Федерации и согласованная с международной земной опорной системой ITRS.

В большинстве государств – участников СНГ запланировано формирование высокоэффективной государственной системы геодезического обеспечения территории страны, предусматривающей интегрирование с международной земной опорной системой ITRS, для осуществления геодезических и картографических работ, обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

Всемирная система геодезических параметров Земли WGS-84 может применяться в качестве вспомогательной при использовании зарубежных РНС и обеспечении движения иностранных транспортных средств по территориям государств – участников СНГ.

3.4.2. Шкалы времени

Временное обеспечение радионавигационной деятельности на территории государств – участников СНГ строится на основе шкалы координированного времени Российской Федерации UTC (SU), задаваемой существующей эталонной базой Российской Федерации.

С целью трансляции сигналов точного времени Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли Российской Федерации использует разветвленную сеть средств передачи, которая включает:

- две специализированные радиостанции длинноволнового диапазона – РБУ и РТЗ;

- коротковолновую специализированную радиостанцию;

- сверхдлинноволновые и длинноволновые навигационные радиостанции Государственной системы единого времени и эталонных частот;

- ГНСС ГЛОНАСС;

- средства передачи совместно с сигналами телевидения;

- средства передачи точного времени через Интернет.

ГНСС ГЛОНАСС передает потребителям сигналы с информацией о шкале времени UTC (SU) и шкале времени системы ГЛОНАСС.

В качестве вспомогательной шкалы времени при использовании сигналов ГНСС GPS может применяться шкала координированного времени США – UTC (USNO), поддерживаемая Военно-морской обсерваторией США, а также шкала времени GPS – GPST.

Шкала времени ГНСС GALILEO (GST, Galileo System Time) синхронизируется относительно международного атомного времени TAI и координированного всемирного времени UTC. Информация о величине расхождения шкалы времени GST относительно шкал TAI и UTC включена в навигационное сообщение для передачи потребителям.

Время ГНСС BEIDOU (BDT) связано и синхронизировано с координированным всемирным временем UTC. По заявлению создателей системы, предусмотрена совместимость BDT со временем ГНСС GPS/GALILEO. Расхождение между шкалами времени BDT и GPST/GST измеряется и передается потребителям.

4. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОНАВИГАЦИИ ГОСУДАРСТВ – УЧАСТНИКОВ СНГ

4.1. Основные подходы к развитию средств радионавигации

Современный этап развития науки и техники предполагает расширение спектра практических задач, в решении которых используются технологии навигации по искусственному радионавигационному полю Земли.

В настоящее время спутниковые навигационные средства стали высокоточными и высоконадежными и играют значимую роль в процессе становления цифровой экономики.

Стремительно развиваются средства координатно-временного и навигационного обеспечения, открывающие широкому кругу действующих и потенциальных потребителей возможности для высокоточной навигации и построения на ее основе высокоэффективных систем и комплексов в различных областях применения. Традиционные задачи потребителей в сферах транспорта, энергетики, связи, геодезии и картографии, сельского хозяйства и навигации специальных потребителей добавляются новыми задачами управления пространственно-временным состоянием потребительских комплексов, осуществляемым при сокращении участия человека.

На сегодняшнем этапе основу радионавигационного обеспечения потребителей государств – участников СНГ могут составлять ГНСС ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и BEIDOU.

ГНСС ГЛОНАСС и GPS будут использоваться практически всеми потребителями, так как обе системы полностью развернуты, и каждая обеспечивает глобальное покрытие территории земного шара. Интеграция обеих систем на уровне навигационной аппаратуры потребителей гарантирует пользователям высокий уровень достоверности и целостности навигационного обслуживания в сложных условиях эксплуатации.

Открывающиеся возможности по приему и обработке сигналов в навигационной аппаратуре потребителей ГНСС GALILEO и BEIDOU повысят устойчивость функционирования интегрированных систем для всех категорий пользователей.

Приоритетными направлениями развития национальных систем координатно-временного и навигационного обеспечения государств – участников СНГ должны стать:

формирование региональных, локальных (отраслевых) дифференциальных спутниковых подсистем РНС различного назначения;

модернизация и развитие импульсно-фазовых РНС до уровня полноценной дублирующей (дополняющей) РНС;

совершенствование сети средств ближней навигации и радиомаячных систем;

развитие средств формирования радионавигационных полей, в том числе альтернативных;

развитие систем и средств частотно-временного обеспечения;

определение и уточнение фундаментальных астрономо-геодезических параметров Земли, а также мониторинг точностных характеристик систем координат государств – участников СНГ.

Стандартные режимы ГНСС должны продолжать обеспечивать потребности воздушных судов при полетах по маршруту, в терминальной зоне и при неточном заходе на посадку; навигацию морских судов в открытом море; потребности автомобильного транспорта.

Российская система дифференциальной коррекции и мониторинга обеспечит точность местоопределения на уровне единиц метров. Ожидается также, что при использовании смешанных созвездий ГЛОНАСС/GPS (в перспективе – ГЛОНАСС/GPS/GALILEO) широкозонная коррекция позволит повысить точность местоопределения в 2–3 раза и довести ее до уровня 0,5–0,8 м в плоскости и 0,7–1 м по высоте. Точность местоопределения может достичь 0,3–0,7 м с увеличением численности группировки КА и дальнейшего совершенствования ГЛОНАСС и СДКМ.

Должны продолжиться внедрение авиационных локальных дифференциальных спутниковых подсистем для некатегорированной посадки и посадки по категории I, а также работы по оценке возможностей использования СДКМ и региональных дифференциальных спутниковых подсистем.

Навигационное обеспечение морских и речных судов в прибрежных и проливных зонах, узкостях, гаванях и в портах, на внутренних водных путях будет осуществляться с помощью морских дифференциальных спутниковых подсистем.

Автотранспорт в предстоящий период будет использовать информацию от ГНСС ГЛОНАСС и GPS в стандартном и дифференциальном режимах через опорные станции, которые будут входить в состав соответствующих центров управления и опорных пунктов.

Важным направлением остается широкое использование информации ГЛОНАСС в системах экстренного реагирования при авариях ЭРА-РБ, ЭВАК и ЭРА-ГЛОНАСС, гармонизируемых с европейской системой экстренного оповещения e-call.

Рост интенсивности применения беспилотных транспортных средств и создание коммерческих продуктов на их основе определяют необходимость снижения пороговых значений формирования сигналов предупреждения о нарушении целостности навигационно-временного обеспечения с 45 до 0,5 м и их доставки потребителям за время менее 6 с в зоне обслуживания. При выполнении операций, критически важных для безопасности жизнедеятельности человека, время доставки должно быть не более 2 с.

В государствах – участниках СНГ используется широкий спектр наземных средств навигации.

Планы развития РНС в государствах – участниках СНГ на период до 2025 года приведены в табл. 18.

Большинство маршрутов организации воздушного движения и маршрутов вылета, прибытия и захода на посадку основаны на зоне действия наземных средств навигации: VOR, DME, ILS и др. Пользователями воздушного пространства также осуществляются полеты методом зональной навигации с использованием навигационной аппаратуры потребителей ГНСС в качестве основного навигационного средства.

Для обеспечения посадки воздушных судов по категориям будут использоваться системы точного захода на посадку типа СП-75 (-80, -90, -200) и посадочные радиомаячные группы, а также авиационные локальные дифференциальные спутниковые подсистемы (АЛДПС) типа GBAS.

Таблица 18

Планы развития РНС

Система (потребители)	Годы											
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Орбитальная группировка ГНСС ГЛОНАСС (все потребители)	Запуск КА Глонасс-К, Глонасс-К2 24 КА по целевому назначению											
СДКМ	Разработка ОКР «КФД-В» сертификация, эксплуатация											
Цикада-М (морской флот, Военно-морской флот)	Прекращение эксплуатации и переход на ГЛОНАСС											
Морская дифференциальная спутниковая подсистема (морской и речной флот, Военно-морской флот)	Количество станций 63 72 Эксплуатация и развитие											
Авиационные локальные дифференциальные спутниковые подсистемы (Гражданская авиация, Министерство обороны)	Количество станций 106 Эксплуатация и развитие											
Региональные дифференциальные спутниковые подсистемы на основе импульсно-фазовых РНС (Министерство обороны, морской флот)	Работы не запланированы											

Система (потребители)	Годы											
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Центры управления и диспетчерские пункты наземного транспорта	Количество станций 110 Эксплуатация и развитие											
Геодезические дифференциальные спутниковые подсистемы	Количество станций более 530 Эксплуатация и развитие											
Парк навигационной аппаратуры потребителей ГНСС	Количество пользователей более 500 000 Эксплуатация и развитие											
Альфа «Маршрут» (Министерство обороны)	Количество станций 4 Решение вопроса о дальнейшем использовании											
Чайка, Тропик-2П (Министерство обороны)	Модернизация по ОКР «Скорпион» Продолжение эксплуатации											
Марс-75, Неман-М (Военно-морской флот)	Эксплуатация и замена по мере выработки ресурса разрабатываемой РНС «Неман-М»											
Радиотехнические системы ближней навигации (Министерство обороны)	Перевод в разрешенную часть диапазона частот. Эксплуатация в качестве основного средства ближней навигации											
Оборудование типа VOR/DME (Гражданская авиация)	Основное средство для обеспечения маршрутных полетов и неточных заходов; развитие, будет использоваться, пока это экономически целесообразно											
Комплекс ПРС-АРК (Гражданская авиация, Министерство обороны)	Основное средство до оснащения воздушных судов перспективными навигационными средствами. Резервное и аварийное средство. Постепенное снижение числа систем											
РНС БРАС-3, и РС-10 (Военно-морской флот)	Эксплуатация РНС до выработки ресурса – заменена на Спут-Н1 и морские дифференциальные спутниковые подсистемы											
ГРАС (ГРАС-2), Крабик-Б (БМ) (Военно-морской флот)	ГРАС (ГРАС-2), Крабик-Б по мере выработки ресурса заменяются на Крабик-БМ											
СП-75 (-80, -90, -200) (Гражданская авиация, Министерство обороны)	Эксплуатация, пока это экономически целесообразно. Возможна замена систем I категории на авиационные локальные дифференциальные спутниковые подсистемы											

Система (потребители)	Годы												
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Системы ПРМГ-5 (76У, 76УМ) (Министерство обороны)	Доработка и модернизация систем для работы в разрешенной части диапазона частот.												
	Замена части систем на авиационные локальные дифференциальные спутниковые подсистемы												
Продолжение эксплуатации до 2021 года и далее													

В ближайшей перспективе предусматривается использование совместно с ГНСС традиционных систем радионавигации на базе наземных средств РМА-90, РМД-90, DVOR 2000, DME-2000 и аналогичных им, которые позволяют обеспечить требуемый уровень целостности и непрерывности обслуживания полетов воздушных судов.

В целях резервирования спутниковых навигационных систем в среднесрочной перспективе предусматриваются создание альтернативных систем позиционирования, навигации и времени (АРНТ) и их последующая долгосрочная эксплуатация. В качестве наземных средств, обеспечивающих возможности АРНТ с сохранением спецификаций зональной навигации при полете по маршруту, предусматриваются многопозиционные системы наблюдения, функционирующие совместно с цифровой линией передачи данных на борт воздушного судна.

Для обеспечения прецизионных измерений в интересах гидрографии и специальных задач будут использоваться РНС типа ГРАС (ГРАС-2), Крабик-Б, Крабик-БМ, Спрут-Н1. За РСБН типа «Чайка» остаются задачи резервирования и/или функциональных дополнений.

Высокоточные спутниковые системы координатного обеспечения на основе сетей спутниковых референцных станций обеспечивают вычисление поправок, позволяющих довести точность определения местоположения до 2–3 см в режиме реального времени и 2–4 мм в постобработке.

Обеспечение сантиметрового уровня точности определения координат в реальном времени позволяет решать геодезические задачи на железнодорожном транспорте в области строительства и эксплуатации путевого хозяйства. Дальность действия системы составляет до 200 км относительно опорных станций и определяется возможностями каналов доставки корректирующей информации.

Характеристики предоставляемых навигационных услуг должны подлежать непрерывному контролю. Оперативность контроля напрямую влияет на фактор безопасности. Контроль качества навигационных услуг должен осуществляться стационарными, передвижными и мобильными средствами. Функции контроля радионавигационного поля должны закладываться в разрабатываемую навигационную аппаратуру потребителей.

Сформулированные подходы создают основу для разработки организационных и технических мероприятий по созданию единого навигационно-информационного пространства на территориях государств – участников СНГ.

4.2. ГНСС ГЛОНАСС

4.2.1. Направления развития ГНСС ГЛОНАСС

За последние 10 лет степень использования системы ГЛОНАСС значительно возросла, и в настоящее время навигационные технологии на ее основе активно используются во всех секторах экономики, что делает систему ГЛОНАСС критически важным элементом национальной инфраструктуры.

Одной из основных задач развития ГЛОНАСС является удовлетворение потребности всех категорий потребителей навигационных данных посредством достижения паритета с зарубежными ГНСС.

В настоящее время система ГЛОНАСС совместно с функциональными дополнениями предоставляет следующие виды навигационных услуг:

базовая услуга, позволяющая осуществлять навигационно-временное обеспечение всем категориям потребителей в абсолютном режиме. Предоставляется навигационными КА на средних орбитах;

услуга для безопасности жизнедеятельности с повышенным уровнем надежности и точности навигационного обеспечения. Предоставляется КА на средних орбитах и функциональными дополнениями космического и наземного базирования (локальными, региональными и широкозонными) в дифференциальном режиме;

услуга относительной навигации с высокой точностью при использовании сетей наземных станций функциональных дополнений на дальностях до 50 км;

услуга высокой точности, предоставляемая по наземным каналам связи и каналам Интернета. На перспективу предполагается предоставлять услугу также через космические каналы доставки информации КА на геостационарных и высоких орбитах.

Работы по развитию ГЛОНАСС будут выполняться в соответствии с федеральной целевой программой «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» и ее продолжением на период до 2030 года.

Основные целевые индикаторы и показатели реализации мероприятий федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» представлены в табл. 19.

Эксплуатация и совершенствование ГЛОНАСС будут нацелены на повышение экономического и потребительского эффектов на основе сбалансированного развития всех элементов ГЛОНАСС с использованием механизма частно-государственного партнерства.

Планируется сохранить каналы высокой и стандартной точности ГЛОНАСС, что позволит разрешить противоречие, свойственное системам двойного назначения, а именно, обеспечить решение военных задач и выполнение международных обязательств по предоставлению навигационных услуг гражданским потребителям.

Таблица 19

**Основные целевые индикаторы и показатели реализации мероприятий
федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и
использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы»**

Целевые индикаторы и показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Погрешность определения местоположения в реальном времени в государственной системе координат за счет космического сегмента системы без использования систем функциональных дополнений, м	0,9	0,75	0,6
Среднее значение пространственного геометрического фактора	1,85	1,85	1,85
Составляющая эквивалентной погрешности измерений псевдодальности за счет погрешности бортовой эфемеридно-временной информации, м	0,5	0,4	0,3
Погрешность определения местоположения в реальном времени в государственной системе координат за счет космического сегмента системы с использованием систем функциональных дополнений:			
в оперативном режиме, м	0,3	0,3	0,1
оперативном режиме с начальной инициализацией, м	0,1	0,1	0,05
апостериорном режиме, м	0,05	0,05	0,03
Время предупреждения потребителей о нарушении целостности навигационного обеспечения, с	6	6	6
Погрешность определения времени потребителя в системной шкале времени за счет космического сегмента, нс	1,5	1,5	1
Погрешность согласования системной шкалы времени с национальной шкалой времени UTC (SU), нс	10	7	4

Система ГЛОНАСС должна совершенствоваться в следующих направлениях в соответствии с перспективными требованиями потребителей:

- повышение точности и надежности навигационного обеспечения;
- расширение номенклатуры решаемых задач;
- снижение затрат на эксплуатацию и поддержание орбитальной группировки и т. д.

В соответствии с федеральной целевой программой «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» планируется обеспечить:

поддержание на уровне не ниже 24 КА и последовательное увеличение штатной орбитальной группировки путем запуска КА Глонасс-К, Глонасс-К2 и Глонасс-М;

обеспечение уровня конкурентоспособности ГЛОНАСС, сопоставимого с зарубежными аналогами;

увеличение точности навигационных определений в 2–2,5 раза;

использование сигналов с кодовым разделением в диапазонах L1–L3 ГЛОНАСС;

улучшение основных тактико-технических характеристик ГЛОНАСС за счет использования межспутниковых измерений;

расширение номенклатуры решаемых задач ГЛОНАСС, в том числе обеспечение обнаружения терпящих бедствие объектов;

расширение использования межспутниковой радиолинии для обеспечения целостности, оперативного управления и контроля КА и др.;

развертывание новых средств глобального мониторинга целостности; дальнейшая модернизация средств наземного комплекса управления и фундаментальных средств обеспечения ГЛОНАСС;

перевод потребителей наземных навигационных систем на взаимодействие с ГЛОНАСС; завершение работы по комплексированию РСДН с ГЛОНАСС;

создание благоприятных условий для внедрения навигационных услуг с использованием ГЛОНАСС;

обеспечение серийного производства конкурентоспособных образцов навигационной аппаратуры потребителей, работающей по сигналам ГЛОНАСС, GPS и GALILEO;

создание открытых цифровых навигационных карт;

развитие нормативной базы в области координатно-временного и навигационного обеспечения и радионавигации;

обеспечение использования ГЛОНАСС в глобальном масштабе в соответствии с международными стандартами, регламентирующими применение ГНСС.

4.2.2. Космический сегмент ГНСС ГЛОНАСС

Вновь запускаемые навигационные КА Глонасс-М и Глонасс-К по сравнению с КА Глонасс первой модификации имеют следующие основные преимущества (табл. 20):

увеличенный гарантированный срок активного существования;

модернизированные служебные системы КА;

повышенная стабильность бортового синхронизирующего устройства;

применение новых технологий управления и эфемеридно-временного обеспечения;

расширение полезной нагрузки с целью решения задач поиска и спасания;

использование новых навигационных сигналов.

В системе управления понижен уровень неучитываемых возмущений орбиты НКА, что позволяет повысить точность определения и прогноза эфемеридных измерений.

Более стабильный бортовой атомный стандарт частоты КА Глонасс-К2 обеспечивает максимальную погрешность частотно-временной поправки 2,5 нс при прогнозе на 12 ч и 3,5 нс – при прогнозе на 24 ч.

Таблица 20

Сравнительные характеристики КА системы ГЛОНАСС

Характеристики	Тип КА		
	Глонасс-М	Глонасс-К	Глонасс-К2
Годы развертывания	2003–2016	2011–2018	После 2017
Состояние	В эксплуатации	Проведены летные испытания	В разработке
Гарантированный срок активного существования, лет	7	10	10
Масса КА, кг	1 415	935	1 600
Габариты КА, м	2,71x3,05x2,71	2,53x3,01x1,43	2,53x6,01x1,43
Энергопотребление, Вт	1 400	1 270	4 370
Тип исполнения КА	Герметизированный	Негерметизированный	Негерметизированный
Суточная нестабильность бортового синхронизирующего устройства, в соответствии с техническим заданием/фактическая	$1 \times 10^{-13} / 5 \times 10^{-14}$	$1 \times 10^{-13} / 5 \times 10^{-14}$	$1 \times 10^{-14} / 5 \times 10^{-15}$
Тип сигналов	В основном FDMA (CDMA на КА № 755–761)	FDMA и CDMA	FDMA и CDMA
Сигналы с открытым доступом (значение центральной частоты)	L1OF (1 602 МГц) L2OF (1 246 МГц) начиная с № 755: L3OC (1 202 МГц)	L1OF (1 602 МГц) L2OF (1 246 МГц) L3OC (1 202 МГц) начиная с № 17Л: L2OC (1 248 МГц)	L1OF (1 602 МГц) L2OF (1 246 МГц) L1OC (1 600 МГц) L2OC (1 248 МГц) L3OC (1 202 МГц)

Характеристики	Тип КА		
	Глонасс-М	Глонасс-К	Глонасс-К2
Сигналы с санкционированным доступом	L1SF (1 592 МГц) L2SF (1 237 МГц)	L1SF (1 592 МГц) L2SF (1 237 МГц) начиная с № 17Л: L2SC (1 248 МГц)	L1SF (1 592 МГц) L2SF (1 237 МГц) L1SC (1 600 МГц) L2SC (1 248 МГц)
Наличие межспутниковых линий связи:			
радио;	+	+	+
оптическая	–	–	+
Наличие оборудования системы поиска и спасания	–	+	+

Выведенный на орбиту в 2011 году для летных испытаний КА модификации Глонасс-К 1-го этапа наряду с радиосигналами L1 и L2 с частотным разделением, полностью аналогичным сигналам Глонасс-М, дополнительно излучает в диапазоне L3 радиосигналы открытого доступа с кодовым разделением.

Произведенные с 2014 года спутники Глонасс-М (№ 755–761) оснащаются передатчиками сигнала L3OC.

В связи с передачей дальномерного кода в диапазоне L2 (L3) в навигационном сообщении будет передаваться дополнительный параметр, характеризующий разницу аппаратных задержек дальномерных кодов в диапазонах L1 и L2 (L3). Кроме того, будут введены признак модификации НКА и признак ожидаемой секундной коррекции шкалы времени UTC(SU).

В настоящее время ведутся работы по изготовлению 9 КА Глонасс-К в трех вариантах исполнения и 4 Глонасс-К2 в двух вариантах исполнения, которые предполагают различную реализацию бортовых средств формирования и излучения навигационных радиосигналов L1OF, L1SF, L2OF, L2SF с частотным разделением и L1OC, L1SC, L2OC, L2SC, L3OC с кодовым разделением.

Спутники Глонасс-КМ, разработка которых началась в 2017 году, пополнят орбитальную группировку в 2025 году.

КА Глонасс-КМ будут излучать навигационные сигналы: FDMA – L1OF, L1SF, L2OF, L2SF; CDMA – L1OC, L1SC, L2OC, L2SC, L3OC, L3SC.

Изучается возможность трансляции совместимых сигналов CDMA: L1OCM, L3OCM, L5OCM, на частотах L1 (1 575,42 МГц), L3 (1 207,14 МГц), L5 (1 176,45 МГц). Предположительно, в новых КА будут использоваться до 6 открытых и до 3 зашифрованных сигналов с кодовым разделением, частоты и модуляция которых будут совпадать с сигналами модернизированной GPS третьего поколения и GALILEO/BEIDOU.

Примеры возможного пересечения модуляций:

сигнал L1OCM – модуляция BOC (1,1) на частоте 1 575,42 МГц, совпадает с сигналом L1C модернизированной GPS, сигналом E1 системы GALILEO и сигналом B1C системы BEIDOU;

сигнал L3OCM – модуляция BPSK (10) на частоте 1 207,14 МГц, совпадает с сигналом E5b системы GALILEO и сигналом E2b системы BEIDOU;

сигнал L5OCM – модуляция BPSK (10) на частоте 1 176,45 МГц, совпадает с сигналом «Safety of Life» (L5) модернизированной GPS, сигналом E5a системы GALILEO и сигналом E2a системы BEIDOU.

Данная конфигурация поможет обеспечить широкую совместимость приемного оборудования и повысить точность и быстроту определения координат для критически важных применений, в первую очередь в авиационной и морской безопасности.

4.2.3. Система фундаментального обеспечения ГНСС

Система фундаментального обеспечения ГНСС продолжает развиваться в соответствии с реализацией мер, принятых постановлением Правительства Российской Федерации от 24 ноября 2016 года № 1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы» и федеральной целевой программой «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы».

Основными задачами развития системы фундаментального обеспечения в рамках координатно-временного обеспечения ГЛОНАСС являются:

регулярное высокоточное определение всемирного времени с помощью средств, обеспечивающих технологию радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами, которыми располагают государства – участники СНГ независимо от международных служб;

развитие узлов колокации на базе обсерваторий радиоинтерферометрического комплекса Квazar-КВО, соединенных высокоскоростными волоконно-оптическими линиями связи со скоростями передачи информации до 10 Гбит/с, с включением средств радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами, GPS/ГЛОНАСС-наблюдений и лазерной локации спутников;

создание и внедрение универсальных комплексов программ, позволяющих совместно обрабатывать различные типы высокоточных координатно-временных и навигационных измерений;

согласование государственных систем координат ПЗ-90.11 и ГСК-2011 с Международной земной системой отсчета;

обеспечение соответствия ориентации координатных осей и угловой скорости единых государственных систем координат в составе числовых геодезических параметров единых государственных систем координат рекомендациям Международной службы вращения Земли и Международного бюро времени;

создание эталонных базисов больших длин средствами радиointерферометрии со сверхдлинными базами и GPS/ГЛОНАСС-наблюдений.

4.3. Системы функциональных дополнений ГНСС

4.3.1. Система дифференциальной коррекции и мониторинга

Планируется расширение состава и зоны действия российской СДКМ. Полная сеть системы будет включать 40 станций на территории Российской Федерации и 15 станций за ее пределами, с учетом 4 станций в Антарктиде.

Развитие системы аэронавигационного обеспечения требует дальнейшего развития СДКМ для осуществления инструментальных заходов с вертикальным наведением (RNAV GNSS), соответствующих уровню APV-II ICAO и в дальнейшем уровню LPV-200.

В этой связи предусмотрено создание широкозонной СДКМ навигационных полей ГНСС и сертификации предоставляемых услуг на соответствие требованиям гражданской авиации (Стандарты и Рекомендуемая практика ИКАО и MOPS RTCA DO-229D).

4.3.2. Национальная сеть высокоточного позиционирования Российской Федерации

В рамках предоставления услуги относительной навигации, в том числе в режиме реального времени, АО «Российские космические системы» реализует проект «Создание Национальной сети высокоточного позиционирования» для предоставления сервисов в области высокоточных спутниковых измерений корпоративным клиентам на основе объединенной интегрированной сети базовых (референцных) станций различных производителей, владельцев и операторов. Национальная сеть высокоточного позиционирования обеспечит трансляцию корректирующей информации в едином информационном поле. Для контроля и подтверждения качества данной услуги потребуется использование мобильных измерительных комплексов.

4.3.3. Система высокоточного определения эфемеридно-временной информации

В рамках реализации услуги высокой точности в федеральной целевой программе «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» предусмотрены работы по созданию системы высокоточного определения эфемеридно-временной информации.

Областью применения данной системы является широкий круг задач, требующих высокой точности эфемеридно-временной информации ГНСС:

высокоточное навигационное обеспечение неподвижных и подвижных потребителей;

геодезические и картографические работы;

фундаментальные научные исследования в различных областях;

социальные и экономические исследования.

Ассистирующая информация системы высокоточного определения эфемеридно-временной информации передается по наземным общедоступным каналам связи (Интернет) и обрабатывается совместно с сигналами ГНСС в специализированной навигационной аппаратуре потребителей, что обеспечивает улучшение точности навигации более чем на порядок, до сантиметрового уровня. Данные, передаваемые в режиме реального времени, доступны только зарегистрированным потребителям. Апостериорная информация доступна потребителям без ограничений.

Система высокоточного определения эфемеридно-временной информации включает: центр управления системой; глобальную сеть измерительных станций ГНСС; навигационную аппаратуру потребителей; подсистему доставки информации.

Центр управления системой осуществляет расчет навигационной информации и высокоточной эфемеридно-временной информации навигационного КА ГНСС в режиме реального времени с задержкой не более 10 с от момента поступления измерения для обработки и апостериорно с задержкой не более 1 суток от момента последнего измерения, а также выполняет краткосрочное прогнозирование эфемеридно-временной информации для формирования высокоточной ассистирующей информации реального времени.

Сеть измерительных станций ГНСС размещается на российской и зарубежной территориях на основе межправительственных соглашений. Она предоставляет в центр управления системой высокоточного определения эфемеридно-временной информации исходную измерительную информацию для высокоточного уточнения навигационной и эфемеридно-временной информации.

Разрабатываемая навигационная аппаратура потребителей имеет возможность проводить кодовые и фазовые измерения текущих навигационных параметров КА ГНСС в двух диапазонах частот и позволяет вычислять координаты потребителей с применением современных алгоритмов, в том числе в реальном времени, в результате обработки сигналов навигационного КА ГНСС и ассистирующей информации.

Подсистема доставки информации использует наземные общедоступные каналы связи (Интернет). В перспективе дополнительно планируется использование космических каналов передачи данных. Для передачи данных потребителям по космическим каналам связи будут использоваться составные части бортовых радиотехнических комплексов спутников связи и ретрансляции, а также земные станции передачи информации на спутники, что позволит обеспечить трансляцию ассистирующей информации потребителям на всей поверхности Земли и в ближнем космосе.

Создание системы высокоточного определения эфемеридно-временной информации проводится поэтапно с обеспечением постепенного повышения точностных и эксплуатационных характеристик.

В условиях функционирования измерительных станций глобальной сети первого этапа погрешность определения местоположения в государственной

геоцентрической системе координат Российской Федерации за счет космического сегмента с использованием данных системы высокоточного определения эфемеридно-временной информации не превышает 0,3 м в оперативном режиме и 0,05 м в апостериорном режиме.

При создании на втором этапе глобальной сети измерительных станций ГНСС в полном объеме (по плану в 2020 году) указанная погрешность в оперативном режиме не будет превышать 0,1 м, в апостериорном режиме – 0,03 м.

Зона предоставления услуги высокоточной навигации будет расширена за счет передачи информации в составе навигационного радиосигнала L3 от КА высокоорбитального космического комплекса.

Контроль качества услуги высокой точности может осуществляться стационарными средствами, однако требует создания оперативных специализированных средств, в том числе быстроперебазируемых или мобильных.

4.3.4. Система контроля и подтверждения характеристик

В соответствии с федеральной целевой программой «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» предусмотрено создание системы контроля и подтверждения характеристик радионавигационного поля ГЛОНАСС и других ГНСС в интересах гражданских потребителей, в том числе в режиме реального времени.

Основным назначением системы контроля и подтверждения характеристик является обеспечение независимого мониторинга основных характеристик, заданных в тактико-технических требованиях к системе ГЛОНАСС и на создание ее составных частей в интересах гражданских потребителей, мониторинга и прогнозирования функциональных характеристик ГНСС (точность, доступность, целостность, надежность), формирования исходных данных для оценки целевых индикаторов и показателей программы, определения потребительских характеристик системы ГЛОНАСС, а также для расчета исходных данных для ее сертификации.

Система контроля и подтверждения характеристик представляет собой единый комплекс методических и аппаратно-программных средств контроля и прогноза функциональных характеристик ГНСС и состоит из следующих частей:

- центр контроля и подтверждения характеристик ГНСС;
- станции системы контроля и подтверждения характеристик, включающие станции сбора измерений и квантово-оптические средства;
- аппаратура оценки энергетических характеристик сигналов ГНСС.

Средства центра контроля и подтверждения характеристик ГНСС должны быть развернуты на площадях федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения».

Станции сбора измерений, включая станции на зарубежных территориях, предназначены для сбора измерений текущих навигационных параметров – псевдодальностей по фазе кода и фазе несущих колебаний навигационных сигналов, наклонных дальностей, а также информации, передаваемой в составе навигационных сообщений открытых навигационных сигналов с частотным и кодовым разделением по всем существующим ГНСС. Развертывание полного состава станций сбора измерений и привлечение измерительной информации от измерительных средств Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» позволяет решить с заданной точностью все задачи, поставленные перед системой контроля и подтверждения характеристик, за исключением оценки энергетических и спектральных характеристик навигационных сигналов.

Квантово-оптические средства применяются для решения задачи контроля эфемеридных и частотно-временных параметров системы ГЛОНАСС.

Аппаратура оценки энергетических характеристик сигналов ГНСС обеспечивает:

оценку энергетических характеристик открытых навигационных сигналов всех действующих ГНСС, а также функциональных дополнений, разрабатываемых в рамках федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы», с погрешностью не более 1 дБ;

оценку качества работы бортовых формирователей навигационных радиосигналов КА, определения параметров передающей антенны КА.

Этап создания системы контроля и подтверждения характеристик в целом планируется завершить в срок до конца 2025 года.

Для контроля параметров радионавигационного поля ГНСС создан метрологический комплекс в федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений».

В рамках развертывания новых средств глобального мониторинга целостности ГЛОНАСС в составе средств главного конструктора космического комплекса требуется создание наземной станции прецизионного контроля параметров навигационных радиосигналов КА ГЛОНАСС на основе антенн с большой апертурой, позволяющих получать коэффициент усиления до 90 дБ.

4.4. Морские дифференциальные спутниковые подсистемы и дифференциальные спутниковые подсистемы для внутренних водных путей

Морские дифференциальные спутниковые подсистемы рассматриваются в качестве наиболее перспективных средств навигационного обеспечения мореплавания в прибрежных и проливных зонах, портах и узкостях, водного транспорта на внутренних водных путях.

Морские дифференциальные спутниковые подсистемы имеют возможности повышения точности местоопределения для решения таких задач,

как выполнение гидрографических работ, прокладка подводных трубопроводов и автоматическая постановка в док при использовании фазовых методов определения навигационных параметров.

К имеющимся в настоящее время 63 контрольно-корректирующим станциям будет добавлено 9 в 2019 году на объектах Военно-морского флота Российской Федерации (см. табл. 18).

В целях недопущения взаимных помех смежных станций морских дифференциальных спутниковых подсистем и радиомаяков, принадлежащих Российской Федерации и сопредельным государствам, под эгидой МАМС выполнена координация частотных присвоений в полосе радионавигации 283,5–325 кГц для европейской морской зоны.

В соответствии с проектом «Создание наземной инфраструктуры системы высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан» создана и используется морская локальная дифференциальная станция в порту г. Актау. Предполагается дальнейшее развертывание аналогичных систем в акватории Каспийского моря.

4.5. Авиационные локальные дифференциальные спутниковые подсистемы типа GBAS и региональные дифференциальные спутниковые подсистемы типа GRAS

С целью оснащения аэродромов гражданской авиации Российской Федерации принята наземная контрольно-корректирующая станция ЛККС-А-2000. Система размещена в 106 аэропортах и соответствует требованиям выполнения посадки по I категории ИКАО.

В дальнейшем, после разработки и принятия соответствующих SARPs, предполагается доработка ЛККС-А-2000 до требований II и III категорий ИКАО и установка их в аэроузловых зонах и аэродромах.

Создан опытный образец системы ЛККС-А-2014, работающий по перспективным сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS/GALILEO.

В Российской Федерации разработана и сертифицируется бортовая аппаратура GBAS для различных типов воздушных судов. Разрабатываются нормативная база и конструкторская документация, необходимые для установки и использования данной аппаратуры.

Проводятся предварительные работы по созданию авиационных региональных дифференциальных спутниковых подсистем типа GRAS при использовании ультракоротковолновых станций для передачи дифференциальных поправок и информации контроля целостности.

4.6. Региональные дифференциальные спутниковые подсистемы на основе импульсно-фазовых РНС

В Российской Федерации и Республике Беларусь существует наземная навигационная база, поддерживающая технологию передачи контрольно-корректирующей информации от региональных дифференциальных спутниковых подсистем ГНСС по технологии Еврофикс. В Российской

Федерации данная база представлена в виде импульсно-фазовых РНС типов «Чайка», «Тропик-2В» и «Тропик-2С». Выполняется модернизация аналогичной станции, размещенной в г. Слониме Республики Беларусь.

Произведена опытная партия навигационной аппаратуры потребителей, обеспечивающая прием и обработку сигналов от ГНСС ГЛОНАСС/GPS/GALILEO и РСДН «Чайка/Loran-C» («НАП «Интеграция»).

Для реализации региональных дифференциальных спутниковых подсистем на территориях государств – участников СНГ необходимо расширить линейку навигационной аппаратуры потребителей и подготовить нормативные правовые акты и нормативно-технические документы, регулирующие ввод в эксплуатацию, применение и дальнейшее совершенствование данных систем.

4.7. Радиотехнические системы дальней навигации

Радиотехнические системы дальней навигации «Тропик-2» («Чайка»), «Тропик-2П», «Марс-75» («Неман-М») остаются в качестве важного средства коррекции автономного счисления (см. табл. 18), выполняющего функцию автономной резервной навигационной системы.

В период до 2020 года будет проведена плановая замена мобильных систем дальней радионавигации «Тропик-2П» на информационную систему координатно-временного обеспечения «Скорпион». В составе комплекса оборудования присутствуют локальные контрольно-корректирующие станции, которые позволяют значительно повысить точность определения координат потребителей.

Эксплуатация действующих цепей РНС «Марс-75» планируется до выработки технического ресурса.

Для покрытия радионавигационным полем акватории Северного морского пути проработан вопрос строительства новых станций перспективной РНС длинноволнового диапазона «Неман-М», интегрированной с ГЛОНАСС и контрольно-корректирующими станциями. Развертывание РНС «Неман-М» на побережье Баренцева моря планируется осуществить до 2021 года.

4.8. Радиотехнические системы ближней навигации

Радиотехнические системы ближней навигации РСБН-4Н, РСБН-4НМ, РСБН-8Н будут функционировать в выделенных полосах частот в качестве основного средства ближней навигации военных воздушных судов по крайней мере до 2021 года (см. табл. 18). Затем предполагается использование радиотехнических систем ближней навигации в качестве резервного средства.

Комплекс типа радиомаяк азимутальный/радиомаяк дальномерный будет оставаться основным радионавигационным средством в гражданской авиации до тех пор, пока это экономически целесообразно. Комплекс обеспечивает самолетовождение по воздушным трассам и в районах аэродромов и совместим с зарубежной аппаратурой типа VOR/DME.

Комплекс приводная радиостанция – автоматический радиокompас будет использоваться в качестве радионавигационного средства обеспечения воздушных судов до их оснащения перспективными навигационными средствами, а затем – в качестве резервного и аварийного навигационного средства с постепенным снижением числа систем.

Эксплуатация действующих цепей разностно-дальномерных РНС БРАС-3 и РС-10 планируется до выработки технического ресурса. Впоследствии они будут заменены созданной к настоящему времени системой Спутр-Н1 и морской дифференциальной спутниковой подсистемой.

Дальномерные радионавигационные системы ГРАС (ГРАС-2) и Крабик-Б будут по-прежнему обеспечивать решение задач высокоточной геодезической привязки подвижных и стационарных надводных объектов в прибрежной зоне, специальных задач и задач гидрографии, требующих ультравысокой точности определения местоположения. По мере выработки технического ресурса они будут сниматься с эксплуатации и заменяться радиогеодезическим комплексом Крабик-БМ.

4.9. Системы посадки

Являясь стандартным средством обеспечения посадки воздушных судов международной гражданской авиации и аналогом ILS, системы СП-75 (-80, -90, -200) будут эксплуатироваться в соответствии с решением ИКАО, пока это остается экономически целесообразным.

Возможна замена систем посадки категории I на авиационную локальную дифференциальную спутниковую подсистему.

Системы ПРМГ-5 (-76У, -76УМ), являясь основными инструментальными средствами посадки военной авиации, будут эксплуатироваться и после 2021 года. Начиная с 2017 года выполняется их модернизация.

4.10. Геодезические дифференциальные спутниковые подсистемы

Одним из условий успешного выполнения геодезических измерений, топографических и кадастровых работ, инженерных изысканий является эффективная система геодезического обеспечения. Исходные геодезические и картографические данные служат основой для получения геодезических координат характерных точек, описывающих границы пространственного положения объекта недвижимости.

Однако использование пунктов Государственной геодезической сети в качестве опорного обоснования часто сопровождается рядом трудностей. Их можно избежать, применяя системы точного позиционирования, основанные на сети базовых станций ГНСС – постоянно действующих дифференциальных станций, размещаемых на специально оборудованных пунктах с известными пространственными координатами.

Одним из перспективных направлений является технология точного измерения пространственных координат на сетях постоянно действующих

дифференциальных геодезических станций системы точного позиционирования.

В рамках федерального проекта «Информационная инфраструктура», входящего в состав национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», в 2021 году должна быть создана федеральная сеть дифференциальных геодезических станций, обеспечивающих повышение точности определения координат, а также центр интеграции сетей дифференциальных геодезических станций и обработки получаемой информации. Планируется, что в 2019 году в этой сети будет 600 станций, в 2021 году – 1 800. Создание федеральной сети дифференциальных геодезических станций позволит обеспечить реализацию единых требований к геодезическим измерениям.

В Республике Беларусь завершена метрологическая аттестация спутниковой системы точного позиционирования, что обеспечивает гарантированное получение пользователями координат и высот на всей территории республики.

Геодезические подсистемы Республики Казахстан создаются на основе локальных дифференциальных станций, введенных в эксплуатацию в соответствии с проектом «Создание наземной инфраструктуры системы высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан».

В Кыргызской Республике проводятся мероприятия по развитию системы геодезических услуг на базе GPS/GNSS-сети Кыргызстана – сети постоянно действующих геодезических приемников (базовых станций), данные с которых используются для формирования RTK-поправок для работы GPS/GNSS-полевых приемников и получения координат в режиме реального времени.

В Республике Молдова развернута национальная система позиционирования MOLDPOS, совместимая с ГНСС ГЛОНАСС и GPS. Предполагаются мероприятия по ее интеграции в Европейскую систему позиционирования согласно стандартам EUPOS.

В структурах Государственного комитета по земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан функционируют и развиваются автоматические станции мониторинга позиционирования.

Системы глобального позиционирования применяются также в целях предупреждения и мониторинга чрезвычайных ситуаций на территориях высокой сейсмичности. ГНСС ГЛОНАСС и GPS позволяют вести непрерывный мониторинг деформаций земной коры на территориях любой площади и тем самым создавать надежную основу для прогноза землетрясений.

4.11. Перспективы развития аппаратуры потребителей

Дальнейшее развитие навигационной аппаратуры потребителей связывается с расширением областей ее применения. Первоначальные задачи, решаемыми с помощью ГНСС и РНС наземного базирования, относились к традиционной области навигации подвижных объектов. Достигнутый уровень

технических и эксплуатационных характеристик значительно раздвинул границы применения аппаратуры потребителей и позволил охватить:

транспортные средства как военного, так и гражданского назначения;
системы управления и идентификации военного и гражданского назначения;

проведение геодезических и картографических работ;
синхронизацию систем часофикации, связи, автоматической идентификационной системы и др.;

землеустроительные и кадастровые работы, мониторинг состояния земной коры;

геологоразведочные работы и функционирование топливно-энергетического комплекса;

строительство и контроль протяженных и высотных сооружений;
работы в протяженных и глубоких карьерах и в других горнодобывающих предприятиях;

системы стабилизации частоты электроэнергетических систем;
обеспечение точной агротехники, например, при возделывании и обработке угодий, а также при обработке посевов ядохимикатами;

сопряжение с аппаратурой глобальной морской системы связи при бедствии и обеспечении безопасности;

информационно-навигационные системы и комплексы;

ГИС-технологии.

Ретроспективный анализ изменения характеристик навигационной аппаратуры потребителей ГНСС и РНС наземного базирования и изучение динамики предъявляемых к ней требований позволяют обозначить следующие тенденции развития:

1) совершенствование характеристик аппаратуры:

повышение точностных характеристик;

повышение надежности, помехоустойчивости и электромагнитной совместимости;

обеспечение автономных методов контроля целостности системы;

расширение перечня сервисных задач;

уменьшение массогабаритных характеристик;

уменьшение стоимости аппаратуры для массового потребителя и повышение ее доступности;

2) расширение функциональных возможностей:

определение углов пространственной ориентации, поправок системы курсоуказания, меток времени;

обеспечение возможности комплексирования аппаратуры с автономными навигационными системами объекта;

обеспечение возможности взаимодействия аппаратуры с автоматизированными информационными системами и системами управления движением;

3) создание унифицированного ряда функциональных элементов, узлов, блоков. Необходимо отметить создание навигационно-информационных модулей на базе интегрированных чипов «СБИС – сверхбольшая интегральная схема», предназначенных для использования наиболее массовыми потребителями.

Основные тенденции развития навигационной аппаратуры потребителей ГНСС отображены в табл. 21.

Таблица 21

Основные направления развития навигационной аппаратуры потребителей ГНСС

Существующая аппаратура	Перспективная аппаратура
Работа по ГНСС ГЛОНАСС и GPS	Работа по ГНСС ГЛОНАСС/GPS/GALILEO/BEIDOU
Слежение за кодом и частотой	Слежение за кодом, частотой и фазой (с разрешением многозначительности и устранением перескоков фазы)
Определение координат и скорости фазового центра антенны	Определение координат и скорости заданной точки и углов ориентации корабля
Работа в диапазонах частот L1 ГЛОНАСС и GPS	Работа в диапазонах частот: L1, L2 и L3 ГЛОНАСС; L1, L2 и L5 GPS; E1, E5 и E6 GALILEO; B1 B2 и B3 BEIDOU
Работа по сигналу кода стандартной точности ГЛОНАСС	Работа по сигналам кода стандартной и высокой точности ГЛОНАСС
Возможность работы в дифференциальном режиме	Работа в дифференциальном режиме в зоне действия морских, авиационных локальных, региональных и широкозонных дифференциальных спутниковых подсистем, в том числе в режиме PPP
Работа по всем видимым КА ГНСС	Работа по всем видимым КА ГНСС
	Обнаружение помех и управление диаграммой направленности для исключения их влияния
	Автономный контроль целостности навигационных определений

Существующая аппаратура	Перспективная аппаратура
Используемые системы координат: СК-42; WGS-84, ПЗ-90.02, Гаусса – Крюгера	Используемые системы координат: СК-42, WGS-84, СК-95, ГСК-2011, системы ПЗ-90.11, Гаусса – Крюгера, квазикоординаты
	Получение и учет в навигационных решениях вспомогательных (ассистирующих) данных от внешних информационных систем (ГНСС, информация единой глобальной геопространственной основы и др.)

Технические требования к навигационной аппаратуре потребителей должны устанавливаться национальными, межгосударственными или международными стандартами, а также техническими регламентами.

5. ПУТИ ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ РАДИОНАВИГАЦИИ

5.1. Общие задачи и пути технического развития радионавигационных систем

Возрастающие требования различных групп потребителей навигационных услуг определяют задачи по улучшению характеристик существующих технических средств радионавигационного обеспечения:

- точности определения места объекта;
- доступности РНС;
- целостности РНС;
- непрерывности обслуживания (функционирования);
- устойчивости работы, особенно в условиях помех.

Пути решения перечисленных задач являются:

- модернизация существующих и создание новых ГНСС;
- совершенствование функциональных дополнений ГНСС;
- улучшение технических характеристик наземных РНС;
- создание альтернативных систем позиционирования, навигации и времени на базе многопозиционных систем наблюдения и цифровых линий передачи данных;
- применение методов интегрирования различных РНС;
- снижение уязвимости РНС от воздействия помех;
- создание развитой инфокоммуникационной инфраструктуры, предназначенной для оказания навигационных услуг, формируемых на основе навигационных ресурсов;
- развитие навигационной аппаратуры потребителей.

5.2. Спутниковые радионавигационные системы

Общие направления модернизации спутниковых РНС нацелены на улучшение качества услуг и определены в виде следующих мер:

- повышение доступности и точности навигационных определений;
- повышение надежности и срока службы аппаратуры и улучшение целостности системы;
- улучшение совместимости с другими радиотехническими системами;
- улучшение сервиса, предоставляемого пользователям.

Спутниковые РНС позволяют удовлетворить потребности в навигационном обеспечении обширного круга потребителей. Существуют задачи, требующие высоких точностей навигации, такие как взлет, заход на посадку и посадка воздушного судна, судовождение в прибрежных водах, навигация автомобильного транспорта и др.

На точность решения навигационной задачи по определению местоположения объекта влияют следующие факторы:

- геометрическое расположение навигационных КА, используемых в решении;

погрешности формирования бортовых шкал времени навигационных КА;
 эфемеридные погрешности навигационных КА;
 погрешности за счет распространения навигационных радиосигналов в атмосфере (ионосферные и тропосферные погрешности);
 аппаратные погрешности навигационных КА.

Радикальным направлением повышения точности навигационных определений является *дифференциальный режим* навигации. Его сущность заключается в устранении некоторых погрешностей навигационного поля системы, сильно коррелированных в локальных районах (до 2 000 км).

К сильно коррелированным можно отнести погрешности навигационных определений, обусловленные следующими факторами:

- рассинхронизация бортовых шкал времени навигационных КА;
- влияние погрешностей эфемерид навигационных КА;
- распространение навигационных сигналов в ионосфере и тропосфере.

Получив аппаратными методами или расчетным путем значения этих систематических погрешностей (так называемых дифференциальных поправок), можно реализовать в аппаратуре потребителя компенсацию основных систематических погрешностей навигационных определений путем их учета в алгоритмах обработки навигационных данных.

Совокупность аппаратных и программных средств, предназначенных для повышения точности навигационных определений на основе штатного сигнала спутниковой РНС, называют функциональными дополнениями.

5.3. Системы функциональных дополнений спутниковых радионавигационных систем

5.3.1. Задачи функциональных дополнений и пути их реализации

Основными задачами функциональных дополнений являются:
 обеспечение требуемой целостности и доступности спутниковой РНС;
 обеспечение необходимой непрерывности навигационных определений;
 повышение точности навигации до требуемой.

Указанные задачи решаются за счет применения следующих мер:

- использование дифференциального режима работы для повышения точности навигационных определений;

- введение дополнительных спутников (геостационарных) для повышения доступности;

- введение наземных станций контроля целостности и специального канала передачи данных о целостности (GIC – GPS Integrity Channel) для повышения целостности.

Повышение целостности предусматривает наличие сети станций контроля целостности для обеспечения непрерывного контроля работоспособности системы в реальном масштабе времени и регионального вычислительного центра для обработки полученных от сети станций данных и формирования данных о целостности для передачи их потребителям.

В качестве каналов передачи информации о целостности ГНСС предлагаются наземные каналы связи и каналы связи через геостационарные спутники. По каналу могут передаваться как информация о целостности, так и дополнительные радионавигационные сигналы. В результате повышаются целостность и доступность системы.

Следует специально выделить функциональные дополнения, отличающиеся от традиционно применяемых потребителями, – псевдоспутниковые и ассистирующие функциональные дополнения.

Псевдоспутниковые функциональные дополнения представляют собой один или несколько псевдоспутников, формирующих навигационные сигналы в формате ГНСС. Псевдоспутник – это контрольно-корректирующая станция, излучающая сигнал, аналогичный сигналу навигационного КА, и геодезически точно привязанная к принятой системе координат. Помимо передачи дифференциальных поправок и сигналов предупреждения, обеспечивается дополнительный канал измерения дальности объекта навигации относительно наземного пункта. Псевдоспутники дополняют радионавигационное поле спутниковой РНС (ГНСС) в заданном районе и обычно имеют локальную рабочую зону. Размер последней определяется мощностью передатчика псевдоспутников и дальностью прямой видимости.

Ассистирующие функциональные дополнения – системы, реализующие режим вспомогательной ГНСС и формирующие не корректирующие поправки, а дополнительную вспомогательную информацию для ускорения вхождения в связь с навигационными КА и повышения надежности местоопределения потребителей.

Классическим методом повышения точности навигационных определений является использование дифференциального режима определений.

Дифференциальный режим предполагает использование одного или более базовых приемников, размещенных в точках с известными координатами, которые одновременно с приемником потребителя (неподвижным или мобильным) осуществляют прием сигналов одних и тех же спутников.

Повышение точности навигационных определений достигается за счет того, что ошибки измерения навигационных параметров потребительского и базовых приемников являются коррелированными. При формировании разностей измеряемых параметров большая часть таких погрешностей компенсируется.

В основе дифференциального метода лежит знание координат опорной точки – контрольно-корректирующей станции или системы опорных станций, относительно которых могут быть вычислены поправки к определению псевдодальностей до навигационных спутников. Если эти поправки учесть в аппаратуре потребителя, то точность расчета, в частности координат, может быть повышена в десятки раз.

Частным случаем дифференциального режима является *способ относительной навигации*, который позволяет улучшить точностные характеристики штатных режимов РНС наземного или космического базирования. Наилучшее применение этот способ находит при решении задач взаимного координирования объектов, работающих по сигналам одной РНС, когда не требуется знание точных абсолютных координат. При взаимном координировании группы объектов (корабли, самолеты и др.) один из них определяется в качестве опорного, текущие абсолютные координаты которого принимаются за начало системы относительных координат и передаются по связному каналу на другие объекты, где определяются собственные координаты относительно опорного объекта.

При использовании данного метода доля систематической погрешности будет существенно сокращаться с уменьшением расстояния до опорного объекта и времени между наблюдениями. В предельном случае погрешности относительного местоопределения ограничиваются инструментальными погрешностями приемоиндикаторной аппаратуры потребителей.

Отдельное место в числе глобальных систем дифференциальной коррекции занимает сервис PPP. Технология PPP способна обеспечить точности позиционирования на уровне от дециметра до сантиметра и лучше (для режима статической обработки) при сочетании точных данных о спутниковых орбитах и времени, принимаемых двухчастотным приемником сигналов ГНСС с целью учета эффекта влияния ионосферы первого порядка.

К основным преимуществам технологии PPP по отношению к другим методам дифференциального позиционирования следует отнести то, что для реализации PPP необходим только один приемник и не требуются специальные базовые станции в непосредственной близости от пользователя.

Предусматривается создание двухуровневой дифференциальной системы, включающей широкозонную и специализированные локальные дифференциальные спутниковые подсистемы.

Выделение в структуре единой дифференциальной системы двух иерархических уровней связано с необходимостью удовлетворения требований различных типов потребителей и с особенностями организации соответствующих средств функциональных дополнений функциональных дополнений. При этом структура и состав дифференциальной спутниковой подсистемы разных уровней существенно различаются, так же как и используемые в них способы, средства получения и доставки потребителям корректирующей информации.

5.3.2. Классификация функциональных дополнений спутниковых радионавигационных систем

В зависимости от размеров зоны действия системы функциональных дополнений подразделяются на четыре вида (табл. 22):

- 1) глобальные системы дифференциальной коррекции;
- 2) широкозонные дифференциальные подсистемы коррекции;

3) региональные дифференциальные подсистемы;

4) локальные дифференциальные подсистемы.

Зона действия функциональных дополнений определяется зоной действия каналов передачи информации потребителям. В пределах зоны действия функциональных дополнений устанавливаются зоны обслуживания, которые, в свою очередь, определяются размещенными опорными/контрольными станциями, обеспечивающими выполнение операций, утвержденных для применения в условиях эксплуатации.

В зависимости от методов решения поставленных задач и места размещения элементов функциональные дополнения различают:

космические – SBAS, например, СДКМ, WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS;

наземные – GBAS, например, DGPS, LAAS, GRAS;

автономные, реализуемые на борту надводных кораблей или на борту воздушных судов, например, ABAS по классификации ИКАО, использующие автономные методы контроля целостности RAIM&AAIM.

Таблица 22

Системы функциональных дополнений

Параметры	Системы функциональных дополнений			
	Локальные дифференциальные спутниковые подсистемы	Региональные дифференциальные спутниковые подсистемы	Широкозонные дифференциальные спутниковые подсистемы	Глобальные дифференциальные спутниковые подсистемы
Состав	Одна или несколько станций сбора измерений ¹ ; 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
Зона действия, км	50–200	400–2 000	2 000–5 000	Глобальное покрытие
Достижимая погрешность определения местоположения потребителя	От 1 до 5 см	От 5 до 50 см	От 5 дм до 2 м	От 5 см до 2 м

Параметры	Системы функциональных дополнений			
	Локальные дифференциальные спутниковые подсистемы	Региональные дифференциальные спутниковые подсистемы	Широкозонные дифференциальные спутниковые подсистемы	Глобальные дифференциальные спутниковые подсистемы
Каналы передачи	Наземные линии передачи данных ⁴	Наземные линии передачи данных	Космические аппараты связи и ретрансляции	Космические аппараты связи и ретрансляции
Корректирующая информация	Поправки к навигационным параметрам, измеряемым потребителем; информация о целостности системы ²	Поправки к навигационным параметрам, измеряемым потребителем; информация о целостности системы	Поправки к эфемеридно-временной информации ³ ; 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

¹ Станции сбора измерений – контрольно-корректирующие станции, представляющие собой комплекс высокоточной навигационной аппаратуры, установленные в точках с известными координатами.

² Информация о целостности системы – информация о сбоях в работе ГНСС, не обнаруженных или не исправленных ее собственными средствами в процессе эксплуатации. Передача информации о целостности системы предотвращает использование потребителями некорректных навигационных данных.

³ Эфемеридно-временная информация – данные для расчета орбиты КА и данные бортовых часов.

⁴ Наземные линии передачи данных – УКВ-радиостанции, системы подвижной беспроводной связи или Интернет.

Наземные и космические функциональные дополнения строятся с привлечением дополнительных наземных и космических систем и средств. На Земле размещаются специальные контрольно-корректирующие станции, осуществляющие расчет корректирующих поправок для увеличения точности навигации, а также контроль целостности и повышение надежности навигационных определений (доступности). Передача на борт потребителя полученной дополнительной информации осуществляется либо непосредственно наземными станциями передачи (для GBAS), либо с использованием специальных спутников связи на геостационарных орбитах (для SBAS).

Принципиальное отличие SBAS и GBAS состоит в способах получения и доставки корректирующей информации, а также в зоне действия систем.

GBAS – локальная система, функционирующая в зоне действия до 50–100 км, а SBAS – глобальная система с зоной действия до нескольких тысяч километров.

Наземное дополнение GBAS включает следующие основные элементы:

контрольно-корректирующую станцию;

станцию мониторинга дифференциальных поправок;

станцию передачи дифференциальных поправок и сигналов предупреждения.

Контрольно-корректирующая станция осуществляет контроль целостности навигационных сигналов и расчет дифференциальной корректирующей информации для повышения точности. В интересах контроля целостности могут привлекаться специальные станции контроля, которые контролируют качество излучаемых навигационными спутниками радионавигационных сигналов и навигационного поля и в случае возникновения отказов и неисправностей формируют признак отказа соответствующего спутника.

Станция мониторинга дифференциальных поправок контролирует их качество. Обобщенная информация затем формируется в едином формате и передается на борт по одному из доступных каналов связи (УКВ-связь или др.).

К наземным функциональным дополнениям относятся локальные и региональные дифференциальные подсистемы различного назначения – морские, авиационные, геодезические, специальные.

Локальные дифференциальные спутниковые подсистемы имеют максимальные дальности действия от контрольно-корректирующей станции или передатчика линии передачи данных – 50–200 км. Локальные дифференциальные спутниковые подсистемы обычно включают одну контрольно-корректирующую станцию (имеются варианты с несколькими станциями), аппаратуру управления и контроля (в том числе и контроля целостности), а также средства передачи данных.

Для обеспечения высокоточной навигации в самолетах на этапах захода на посадку и непосредственно посадки широко разрабатываются и внедряются авиационные LAAS, устанавливаемые на аэродроме. В качестве средства передачи данных на борт самолетов в LAAS обычно используются псевдоспутники.

5.3.3. Глобальные дифференциальные спутниковые подсистемы

Существуют коммерческие глобальные системы дифференциальной коррекции, предоставляющие услуги высокоточного местоопределения, основанные на сетях частных опорных станций, отслеживающих сигналы ГНСС ГЛОНАСС и GPS. Информационные данные сервиса передаются через сети геостационарных спутников и Интернет.

Геостационарные КА используются также в качестве дополнительных навигационных точек для дополнительных дальномерных измерений. Основными методами контроля целостности при этом являются методы

анализа разностей между измеренными и прогнозируемыми значениями псевдодальностей, а также методы, использующие избыточность измерений.

Сервис доступен практически глобально, за исключением полярных областей.

Указанные услуги широко используются для повышения точности местоопределения в прибрежных областях и в нефтегазовой отрасли.

В сервисе компании OmniSTAR дифференциальные поправки передаются в L-диапазоне частот, близком к частотам GPS, что позволяет использовать одночастотные антенны для приема информационных данных.

Система автоматически обеспечивает оптимальное решение позиционирования для всех пользователей с помощью методики, известной как виртуальная базовая станция VBS (Virtual Base Station). Такой способ дифференциальной коррекции является более точным, чем формирование дифференциальных поправок от одиночной референц-станции или от виртуальной базовой станции с фиксированным местоположением.

5.3.4. Широкозонные дифференциальные спутниковые подсистемы

В настоящее время развиваются пять широкозонных спутниковых систем дифференциальной коррекции (рис. 3):

- 1) СДКМ (Российская Федерация);
- 2) WAAS (США);
- 3) EGNOS (Европейский союз);
- 4) GAGAN, геостационарное навигационное дополнение системы GPS (Индия);
- 5) MSAS (Япония).

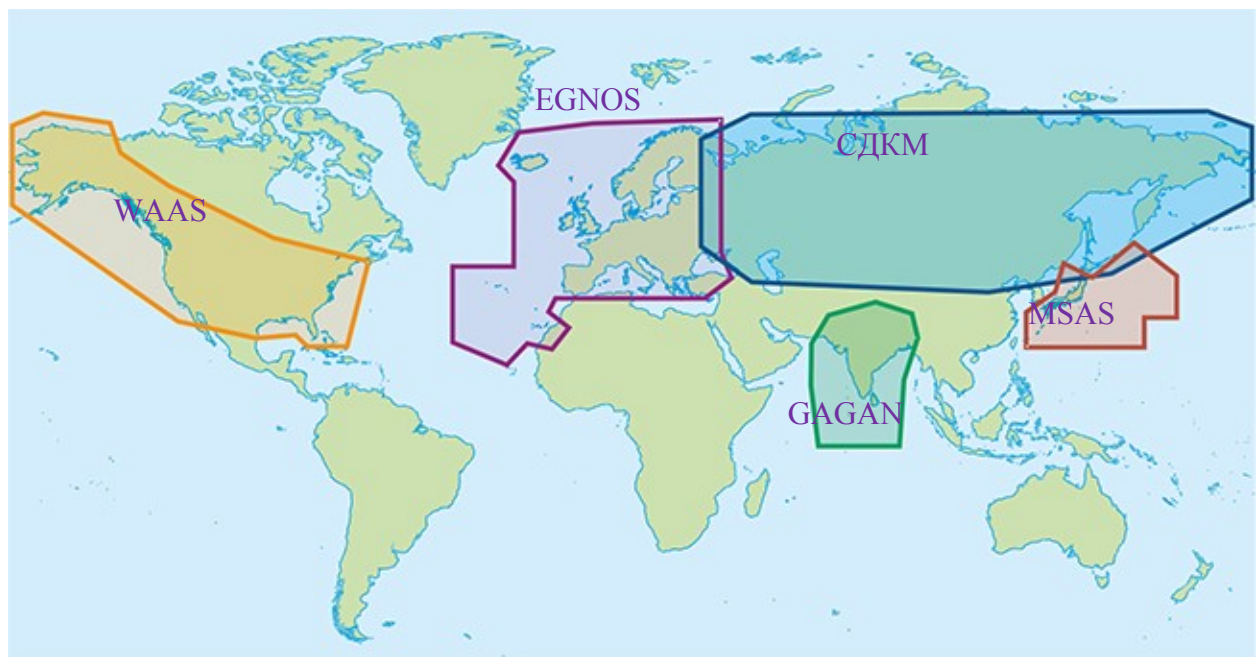


Рис. 3. Широкозонные спутниковые системы дифференциальной коррекции

Космические функциональные дополнения SBAS имеют в составе наземный и космический сегменты.

Основой SBAS является сеть широкозонных контрольных станций, информация от которых передается на широкозонные главные станции для совместной обработки с целью выработки общих поправок и сигналов целостности. Радиус рабочей зоны широкозонной дифференциальной спутниковой подсистемы составляет 5 000–6 000 км. Сигналы целостности и корректирующие поправки, выработанные на широкозонных главных станциях, передаются через наземные станции передачи данных на геостационарные КА типа «Инмарсат», «Артемис» для последующей ретрансляции потребителям.

5.3.5. Региональные дифференциальные спутниковые подсистемы

Региональные дифференциальные спутниковые подсистемы предназначены для навигационного обеспечения отдельных регионов континента, моря, океана. Диаметр рабочей зоны может составлять 400–2 000 км и более. Региональные дифференциальные спутниковые подсистемы могут иметь в своем составе одну или несколько контрольно-корректирующих станций, а также соответствующие средства передачи корректирующей информации и сигналов целостности. Эта информация вырабатывается на главной станции или контрольно-корректирующей станции.

Проведены предварительные работы по созданию региональных дифференциальных спутниковых подсистем двух типов:

авиационные типа GRAS при использовании УКВ-станций для передачи дифференциальных поправок и информации контроля целостности;

типа Eurofix с использованием станций импульсно-фазовой РНС «Чайка» для передачи дифференциальных поправок и информации контроля целостности в интересах всех групп потребителей.

Региональные дифференциальные спутниковые подсистемы типа GRAS отличаются от широкозонной дифференциальной спутниковой подсистемы тем, что контрольно-корректирующая информация транслируется через наземные УКВ-станции вместо геостационарного КА GBAS. Этим определяются сокращенные размеры рабочей зоны подсистемы, по сравнению с широкозонной дифференциальной спутниковой подсистемой. Например, радиус зоны австралийской GRAS составляет около 2 000 км.

Авиационные региональные дифференциальные спутниковые подсистемы типа GRAS должны удовлетворять требованиям захода на посадку по категории I ИКАО.

Проект региональных дифференциальных спутниковых подсистем со станциями импульсно-фазовой РНС «Чайка» предполагает применение технических решений проекта Eurofix, направленного на создание региональных дифференциальных спутниковых подсистем ГЛОНАСС/GPS на основе использования передающих станций импульсно-фазовой РНС «Лоран-С». При этом предполагается, что контрольно-корректирующая станция ГНСС

расположена в районе наземной передающей станции импульсно-фазовой РНС.

Отмечается ряд преимуществ такого решения перед другими вариантами создания региональных дифференциальных спутниковых подсистем, а именно:

- использование уже существующей структуры для реализации проекта;
- охват большой площади при сравнительно невысоких затратах;
- обеспечение улучшенной работоспособности и доступности канала передачи данных в городских и горных районах;
- обеспечение взаимного дополнения и резервирования систем «Лоран-С/Чайка» и ГЛОНАСС/GPS.

Сверхточные определения места по ГНСС могут использоваться для калибровки показаний РСДН и компенсации погрешностей, обусловленных особенностями распространения радиоволн. В свою очередь, данные «Лоран-С/Чайка» могут использоваться для контроля целостности спутниковой РНС.

Станции импульсно-фазовой РНС «Чайка» работают в длинноволновом диапазоне радиоволн на частоте 100 кГц. Радиус действия системы в режиме региональной дифференциальной спутниковой подсистемы от одной станции импульсно-фазовой РНС составляет 600–2 200 км. При использовании цепи станций импульсно-фазовой РНС рабочая зона региональной дифференциальной спутниковой подсистемы будет являться результатом суперпозиции частных зон станций импульсно-фазовой РНС.

Проведенные исследования по использованию технологии Eurofix применительно к европейской сети импульсно-фазовой РНС «Чайка» подтвердили ожидаемые погрешности, свойственные технологии Eurofix (табл. 23). Показано, что точность определения координат региональной дифференциальной спутниковой подсистемы может быть не хуже 5 м (95 %). Линии передачи данных на основе станций импульсно-фазовой РНС могут обеспечить эффективную скорость передачи данных от 15 до 30 бит/с в асинхронном режиме трансляции данных DGPS/ДГЛОНАСС.

Таблица 23

Характеристики региональной дифференциальной спутниковой подсистемы на основе Eurofix

Параметр	Значение
Доступность (готовность) сигнала в пространстве, %:	
1 станция	99,8
2 станции	99,9996
3 станции	99,999999
Точность (95 %), м:	
– по горизонтали	1,5
– по вертикали	3

Целостность (задержка сигнала тревоги), с	6
Непрерывность (вероятность появления ошибки)	$1 \cdot 10^{-4}$ за 150 с

5.3.6. Локальные дифференциальные спутниковые подсистемы

Классификация локальных дифференциальных спутниковых подсистем

Локальные дифференциальные спутниковые подсистемы обеспечивают максимальные дальности действия 50–300 км от контрольно-корректирующей станции. Чаще всего они имеют в составе одну контрольно-корректирующую станцию, аппаратуру управления и контроля, средства передачи данных.

К настоящему времени определились три основных класса локальных дифференциальных спутниковых подсистем:

морские – для обеспечения мореплавания в проливных зонах, узких местах и акваториях портов и гаваней в соответствии с требованиями ИМО;

авиационные – для обеспечения захода на посадку и посадки воздушных судов по категориям ИКАО;

подсистемы для геодезических, землемерных и других специальных работ.

Морские локальные дифференциальные спутниковые подсистемы и дифференциальные спутниковые подсистемы для обеспечения внутренних водных путей

Морские локальные дифференциальные спутниковые подсистемы создаются на базе всенаправленных средневолновых радиомаяков и предназначены для передачи корректирующей информации и информации о целостности в интересах преимущественного обеспечения морских судов и размещаются вдоль морского побережья и по берегам крупных внутренних водоемов.

Морские локальные дифференциальные спутниковые подсистемы имеют в составе одну контрольно-корректирующую станцию, аппаратуру удаленного управления и контроля, а также средства передачи данных. В качестве каналаобразующего оборудования линии передачи данных применяются радиомаяки, работающие в диапазоне 283,5–325 кГц. Применяется манипуляция с минимальным фазовым сдвигом. Морские локальные дифференциальные спутниковые подсистемы имеют максимальные дальности действия 250–300 км от контрольно-корректирующей станции.

Корректирующая информация от морской локальной дифференциальной спутниковой подсистемы транслируется в соответствии с общепринятым стандартом RTCM SC-104, разработанным первоначально для GPS Специальным комитетом 104-й радиотехнической комиссии по мореплаванию США и поддержанным МАМС. Версия 2.2 этого стандарта создана для того, чтобы учесть использование дифференциального режима ГЛОНАСС.

Скорость передачи корректирующей информации устанавливается в зависимости от объема данных, требуемого времени их обновления и может

составлять от 25 до 200 бит/с. В случае передачи поправок для ГЛОНАСС скорость передачи составляет 25 бит/с. При работе с GPS без селективного доступа и с селективным доступом скорости передачи составляют соответственно 50 и 100 бит/с.

Основным недостатком выбранной линии передачи данных является ее подверженность помехам, например, из-за разрядов статического электричества в условиях метеорологических осадков. Для помехоустойчивого кодирования используются корректирующие коды Рида – Соломона.

МАМС рекомендует прибрежным странам Европейской морской зоны в условиях функционирования GPS без селективного доступа ограничить дальность действия передающих станций морских локальных дифференциальных спутниковых подсистем на уровне 200 км и установить скорость передачи корректирующей информации 100 бит/с для исключения возможности взаимных помех.

Прием поправок на кораблях и судах осуществляется с помощью приемников контрольно-корректирующей информации, имеющих соответствующий интерфейс для сопряжения с навигационной аппаратурой потребителей ГНСС.

Точность местоопределений с использованием контрольно-корректирующей информации от радиомаяка зависит от специфики оборудования маяка и может варьироваться от 1 до 10 м.

Точность определения координат на краю рабочей зоны морской локальной дифференциальной спутниковой подсистемы при совместном использовании ГЛОНАСС и GPS может иметь значение от 2 до 4,5 м (с вероятностью 0,68). Надежность обслуживания и доступность составляют более 0,9997 и 0,998 соответственно при времени предупреждения об отказе менее 10 с.

Авиационные локальные дифференциальные спутниковые подсистемы

К настоящему времени разработано несколько типов авиационных локальных дифференциальных спутниковых подсистем, предназначенных для обеспечения посадки воздушных судов. Эти системы отличаются достоинствами, среди которых можно выделить:

возможность использования в условиях I и более сложных категорий посадки;

возможность использования при улучшенных операциях в сложных метеоусловиях;

гибкость режимов работы, позволяющая реализовать траектории захода с переменной геометрией, минимизируя время полета и обеспечивая борьбу с помехами;

сравнительно небольшой состав оборудования позволяет снизить экономические издержки и обеспечить широкое применение на местных авиалиниях.

Некоторые локальные дифференциальные спутниковые подсистемы используют кодовые и фазовые измерения сигналов КА ГЛОНАСС/GPS и сигналов псевдоспутников (или псевдолитов), размещаемых перед торцом взлетно-посадочной полосы для каждого направления захода на посадку. Кодовые и фазовые измерения наземной контрольной станции передаются на борт в реальном времени.

Использование на борту воздушного судна собственных кодовых и фазовых измерений навигационного КА и псевдоспутников совместно с дополнительными измерениями наземной контрольно-корректирующей станции позволяет успешно решить проблему многозначности фазовых отсчетов и реализовать более высокую точность.

Позиция ИКАО относительно формата сообщений и радиоканала для авиационных локальных дифференциальных спутниковых подсистем нашла отражение в SARPS по ГНСС 1999 года, в котором учитывается стандарт RTCA/DO-217 по минимальным характеристикам авиационных систем, подготовленный Радиотехнической комиссией по авиации США. В соответствии с этим стандартом разработан ряд конкретных и описанных выше систем, которые прошли испытания. Их предполагается использовать для обеспечения полетов гражданской авиации. Соответствующая линия передачи данных использует УКВ диапазон частот 112–118 МГц.

Расположение GBAS в зоне аэродрома создает условия для расширения ее функций. Предоставляется возможность осуществлять контроль и управление всеми подвижными объектами, находящимися в зоне аэродрома. Для этого аэродромные транспортные средства оборудуются навигационной аппаратурой потребителей и по радиоканалу передают координаты своего местоположения диспетчеру, где они отображаются на электронной карте. Имея полную картину расположения и движения по аэродрому всех транспортных средств и воздушных судов, диспетчер может осуществлять оперативное управление ими и тем самым повысить безопасность.

5.3.7. Автономные функциональные дополнения

Автономные функциональные дополнения ABAS реализуются на борту надводных кораблей или воздушных судов потребителей для решения задач контроля целостности, повышения точности и надежности навигационных определений и используют технические средства, расположенные на борту потребителя.

Бортовое дополнение ABAS по сути является усовершенствованием системы автономного контроля целостности в навигационном приемнике, обычно именуемом RAIM, путем использования информации других бортовых систем потребителя.

Вся доступная на борту потребителя навигационная информация используется для обеспечения требуемых характеристик навигационного обеспечения с применением следующих методов:

использование в навигационной аппаратуре потребителей алгоритмов RAIM, среди которых можно выделить алгоритмы обнаружения отказов и алгоритмы исключения отказавших навигационных спутников;

использование методов бортового контроля целостности AAIM;

комплексирование с навигационными датчиками, установленными на борту, среди которых могут быть: бортовые навигационные датчики и средства; высотомеры; инерциальная навигационная система; гироскопические датчики; высокоточные часы; магнитный компас;

комплексирование с данными других ГНСС.

5.3.8. Взаимодополняемость дифференциальных спутниковых подсистем

Следует отметить, что все виды функциональных дополнений не противопоставляются друг другу, а взаимно их дополняют для обеспечения выполнения требований всех потребителей по точности, целостности, доступности навигационного обеспечения.

Сферы применения WAAS и LAAS, а также автономных методов контроля целостности RAIM показаны в табл. 24 и 25.

Таблица 24

Сферы применения WAAS и LAAS по категориям требований

Требования	Категория I	Категория II	Категория III
Точность определения высоты, м	4	2,5	2,5
Целостность	$(1-3,3) \cdot 10^{-7}$	$(1-3,3) \cdot 10^{-8}$	$(1-1,5) \cdot 10^{-9}$
Доступность	0,9975	0,9985	0,999
Время обнаружения и доведения сигнала предупреждения, менее, с	6	2	1
Непрерывность	$1 \cdot 10^{-5}$ в течение 15 с; $1 \cdot 10^{-4}$ в течение 150 с	$(1-1,4) \cdot 10^{-6}$ в течение 15 с; $(1-1,4) \cdot 10^{-5}$ в течение 165 с	$(1-4) \cdot 10^{-6}$ в течение 30 с
	WAAS	LAAS	

Таблица 25

Соответствие WAAS, LAAS и RAIM требованиям на этапах полета

Этапы полета	Фазы полета	Целостность	Доступность	Точность
Маршрутный полет	Над океаном	RAIM		
	Внутренние трассы	WAAS		RAIM
Заход и посадка	Неточный заход на посадку			
	Точная посадка по категории I	WAAS и LAAS		
	Точная посадка по категории II/III	LAAS		
Наземные операции	Руление			

5.4. Системы фундаментального обеспечения спутниковых навигационных систем

Основными задачами системы фундаментального координатно-временного обеспечения в общем случае являются:

установление небесной системы координат и ее реализация в виде каталогов координат источников в разных диапазонах длин волн;

установление земной системы координат и ее реализация в виде каталога координат опорных станций;

определение параметров ориентации небесной и земной систем координат – параметров вращения Земли;

установление динамической системы координат и ее реализация в виде теории движения тел Солнечной системы;

создание и поддержание единой системы времени и эталонных частот;

установление параметров фигуры Земли и тел Солнечной системы;

установление параметров гравитационного поля Земли и тел Солнечной системы;

формирование баз данных о физических полях Земли (гравитационном, геомагнитном и др.);

разработка теорий, моделей и методов решения перечисленных задач.

Система фундаментального обеспечения ГНСС предназначена главным образом для установления и поддержания фундаментальных (небесной и земной) систем координат и определения параметров их взаимной ориентации с высокой точностью. Эти данные используются в любой РНС космического базирования.

Основой системы фундаментального координатно-временного обеспечения является комплекс «Квазар-КВО», на котором проводятся наблюдения внегалактических радиоисточников методом радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами. Метод радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами является единственным методом космической геодезии, позволяющим определять полный набор параметров, необходимых для установления взаимной ориентации земной и небесной систем координат.

Комплекс «Квазар-КВО» имеет в составе три обсерватории, каждая из которых оснащена: 32-метровой полноповоротной антенной с системой управления; системами частотно-временной синхронизации, приема, преобразования и регистрации сигналов; лазерным дальномером Сажень-ТМ; приемниками сигналов ГЛОНАСС/GPS геодезического класса.

Благодаря участию комплекса «Квазар-КВО» в международных программах наблюдений методом радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами координаты обсерваторий определены с большой точностью в ITRF. Требования по ежедневному оперативному определению Всемирного времени выполняются с погрешностью 20 мкс. В обсерваториях также проводится мониторинг локальных геодезических сетей.

5.5. Интегрирование радионавигационных систем

5.5.1. Цели интегрирования навигационных систем

Характеристики отдельно взятых наземных РНС не позволяют удовлетворять возрастающие требования основных групп потребителей по точности, доступности и целостности.

С внедрением ГНСС ГЛОНАСС и GPS появилась возможность удовлетворения требований потребителей по точности навигационного обеспечения. Однако и в этом случае могут быть не удовлетворены требования потребителей по доступности и целостности в сложных условиях, особенно при наличии непреднамеренных и преднамеренных помех.

Для улучшения таких характеристик навигационного обеспечения, как доступность и целостность, целесообразно интегрирование навигационных систем.

5.5.2. Интегрирование спутниковых и инерциальных навигационных систем

ГНСС ГЛОНАСС и GPS являются практически самыми точными средствами навигации глобального действия, но они нуждаются в поддержке в интересах повышения помехозащищенности каналов слежения приемников и обеспечения непрерывности навигационных определений при перерывах в использовании ГНСС, вызванных различными причинами, такими как помехи, маневрирование судна, затенение сигналов и т. д.

Требуемая поддержка обеспечивается способами автономного счисления координат:

- на основе данных курсовой системы и лага морских судов;
- одометрическим (курсовая система плюс одометр);
- инерциальным (инерциальная навигационная система);
- курсо-воздушным (курсовая система плюс система воздушных сигналов);
- курсо-доплеровским (курсовая система плюс доплеровский измеритель скорости и сноса);
- инерциально-доплеровским (инерциальная и доплеровская системы).

При перерывах в работе аппаратуры ГНСС навигационные определения осуществляются на основе данных автономных систем счисления с учетом повышения их точности за счет оценки источников погрешностей автономных систем, осуществляемой в ходе комплексной обработки информации на этапах работоспособности навигационной аппаратуры потребителей ГНСС.

Наиболее перспективной автономной системой признается инерциальная навигационная система, которая при потенциально высокой точности лишена известных недостатков счисления по воздушной скорости, данным лага и доплеровского измерителя. Отсутствует зависимость инерциальной навигационной системы от ветра, течений, маневрирования, подстилающей поверхности и др.

Существуют и разрабатываются инерциальные навигационные системы на механических, электростатических, кольцевых лазерных, волоконно-оптических, волновых и микромеханических гироскопах. Наиболее массовыми инерциальными навигационными системами (для наземного и морского транспорта, авиации общего назначения) следует в перспективе признать инерциальные навигационные системы на микромеханических гироскопах, точность которых может достигать 2–10 км/ч. В данном варианте СКП инерциальной навигационной системы может составить в автономном режиме примерно 60 м через 5 мин. после отказа ГНСС.

По степени использования инерциальных данных в аппаратуре ГНСС различаются следующие основные схемы интегрирования: разомкнутая и слабосвязанная, сильно связанная и глубоко интегрированная.

В разомкнутой и слабосвязанной схемах, получивших пока наибольшее распространение, инерциальные данные в приемнике интегрированной РНС используются в минимальной степени – в лучшем случае для ускорения поиска сигналов ГНСС.

В сильно связанной схеме интегрирования данные от инерциальной навигационной системы используются также для улучшения качества работы каналов слежения приемника ГНСС.

В глубоко интегрированной схеме работа каналов ГНСС и инерциальной навигационной системы должна осуществляться практически совместно.

Первичная комплексная обработка информации в сильно связанных и глубоко интегрированных инерциально-спутниковых системах позволяет повысить помехозащищенность каналов приема и измерения ГНСС на 15–20 дБ.

Использование информации инерциальной навигационной системы позволяет также существенно улучшить характеристики алгоритмов контроля целостности сигналов ГНСС и повысить надежность навигационных определений.

5.5.3. Интегрирование спутниковых радионавигационных систем

Под интегрированием спутниковых РНС понимается создание совместного радионавигационного поля, обеспечиваемого этими системами, при самостоятельном управлении каждой системой.

Одним из наиболее перспективных направлений интегрирования космических РНС является обеспечение совместимости и взаимодополняемости ГНСС ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и BEIDOU.

Интегрирование ГНСС предполагает создание и использование приемоиндикаторной аппаратуры потребителей, способной принимать сигналы двух систем и более, за счет чего повышаются точностные и надежностные характеристики местоопределения.

Для совместного использования навигационных параметров (псевдодальностей и псевдоскоростей) необходимо обеспечить

внутрисистемное согласование используемых систем координат и шкал времени систем ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и BEIDOU.

Интегрирование ГНСС ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и BEIDOU позволит создать основную глобальную РНС, удовлетворяющую существующим и перспективным требованиям воздушных, морских, наземных и космических потребителей.

5.5.4. Интегрирование наземных и спутниковых радионавигационных систем

Интегрирование наземных и космических РНС позволит создавать отдельные зоны навигации, превосходящие по своим техническим характеристикам каждую из входящих в нее систем.

Как и при интегрировании космических РНС, создание интегрированных наземных и космических систем предполагает интеграцию на уровне приемной (или приемоиндикаторной) аппаратуры потребителей и требует согласования имеющихся расхождений в используемых системах координат, шкалах времени и уточнения структуры передаваемых радиосигналов.

В результате улучшатся доступность и целостность в географических районах, определяемых цепочками станций наземных РНС.

Одним из путей интегрирования наземных и космических РНС является интегрирование систем типа «Чайка» и ГЛОНАСС.

Интегрированные системы «Чайка»/ГЛОНАСС могут в дальнейшем использоваться в качестве основных систем для маршрутных этапов навигации.

5.6. Снижение уязвимости радионавигационных систем

РНС в процессе эксплуатации подвергаются воздействию дестабилизирующих факторов, которые могут снижать показатели качества функционирования системы и в наиболее неблагоприятном случае переводить ее в состояние неработоспособности.

Уязвимость РНС определяется следующими факторами:

изменение условий распространения радиоволн;

изменение состояния ионосферы;

влияние непреднамеренных и преднамеренных помех;

возникновение системных отказов;

возможность физического поражения элементов систем (КА, наземные средства, линии связи).

киберугрозы;

прочие факторы.

Современные РНС функционируют в различных диапазонах радиоволн, которые характеризуются вариативными условиями распространения.

В общем случае условия распространения радиоволн подвержены суточным и сезонным изменениям, зависят от гелиогеофизических

возмущений, состояния атмосферы Земли и широтного положения трассы прохождения радиоволн.

Распространение радиоволн в среде влечет изменение параметров электромагнитных колебаний:

амплитуды поля волны (обычно уменьшение за счет рассеяния и поглощения);

скорости и направления распространения;

плоскости поляризации (поворот плоскости – эффект Фарадея);

задержки по времени и фазе;

формы передаваемых сигналов (импульсов).

В окружающей Землю атмосфере различают три области, оказывающие влияние на распространение радиоволн: тропосферу, стратосферу и ионосферу.

Границы между этими областями выражены не резко и зависят от времени года и географического места.

Применение упрощенной теоретической модели ионосферы с небольшим набором коэффициентов, передаваемых спутниками ГНСС, для вычисления ионосферных поправок на стороне приемника примерно вдвое уменьшает ошибки определения псевдодальности, вызываемые ионосферными задержками.

Влияние быстрых и продолжительных ионосферных задержек на ГНСС может быть существенно снижено за счет использования метода двухчастотных измерений. Однако в условиях магнитных бурь доступность и точность позиционирования может оказаться неприемлемой для практического применения даже при использовании двухчастотной аппаратуры. В условиях геомагнитных возмущений ионосферы срывы сопровождения сигналов навигационных КА по фазе и коду на второй (вспомогательной) частоте ГНСС наблюдаются значительно чаще, чем на первой.

Изменения состояния ионосферы (в особенности в авроральной зоне) под действием гелиогеофизических возмущений должны соответствующим образом контролироваться, так как эти изменения могут привести к существенным ошибкам определения местоположения и времени, в особенности при тенденции увеличения точности и быстродействия определения местоположения; результаты такого контроля должны использоваться провайдерами и потребителями навигационных услуг.

Преднамеренные и непреднамеренные помехи представляют наибольшую угрозу для навигационной аппаратуры потребителей ГНСС, поскольку мощность принимаемых сигналов очень мала и находится на уровне 160–161 дБВт. Воздействия помех могут быть организованы по каналам ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и BEIDOU, EGNOS, MSAS, СДКМ и локальных дифференциальных спутниковых подсистем типа GBAS. В этой ситуации целесообразно использовать комбинацию методов, способов и путей снижения уязвимости.

Вместе с этим необходимы законодательные меры в отношении помех искусственного происхождения.

Для системы фундаментального обеспечения космических РНС наибольшую угрозу представляет рост уровня радиопомех от аппаратуры среднечастотных и широкополосных систем сотовой радиосвязи в местах расположения средств радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами. Контроль уровня радиопомех в местах расположения национальных средств радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами является необходимой мерой, обеспечивающей работоспособность системы фундаментального обеспечения космических РНС. Следует предпринять все возможные действия по недопущению роста уровня радиопомех в местах расположения национальных средств радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами.

Перечень зафиксированных и возможных источников помех применительно к бортовой аппаратуре ГНСС ГЛОНАСС и GPS приведен в табл. 26.

Перемежающиеся и необратимые системные отказы, вызванные старением компонентной базы радиоэлектронных средств, являются объективным и неизбежным факторами, в борьбе с которыми должна применяться программа обеспечения надежности радиоэлектронных средств.

Для наземных РНС наибольшую угрозу представляет физическое поражение наземного оборудования, в первую очередь антенных систем, имеющих наибольшие размеры, высоту или протяженность. Для приемных радиосредств длинноволнового и средневолнового диапазонов существенную угрозу представляют атмосферные помехи, помехи, обусловленные электризацией корпуса самолета, и т. д.

Лица, имеющие преступные намерения, располагают множеством способов для совершения кибератак в сфере гражданской авиации, в том числе путем взлома систем навигации и управления воздушным судном. Хотя до сих пор большинство подобных атак осуществлялись на невысоком уровне и их негативное воздействие было ограниченным, кибератака потенциально может иметь катастрофические последствия.

Кибератаке могут подвергнуться любые автоматизированные и роботизированные комплексы на земле, море, в воздушном и космическом пространствах, в результате которой оказывается воздействие на информационное пространство вычислительного устройства (компьютера), хранящее сведения, прямо или косвенно влияющие на навигационное решение.

Источники помех для ГЛОНАСС и GPS

Источники мешающих сигналов	Параметры мешающего излучения (частота, МГц; номер канала; гармоника)	Частоты GPS, МГц: 1 227,6; 1 575,42; 1 176,45	Частоты ГЛОНАСС, МГц: 1 242,94–1 247,75; 1 598–1 604,25; 1 200
66-й и 67-й каналы ТВ	2-я гармоника	+	+
22-й и 23-й каналы ТВ	3-я гармоника	+	+
157 УКВ	10-я гармоника	+	+
131 и 121 УКВ	12-я и 13-я гармоники	+	+
Сигналы запроса дальности радиотехнических систем ближней навигации	2-я гармоника	+	+
525 частота кристалла DME	3-я гармоника	+	–
Системы персональной спутниковой связи «Глобалстар», «Иридиум»	Более 1 610	–	+
Передача цифровых данных (пакетное радио); Digipeaters, ФРГ	1 240–1 243,25	–	+
Любительские радиорелейные станции	1 242–1 242,7	–	+
Любительские телевизионные передатчики	1 243–1 260	–	+
Обзорные радиолокационные станции управления воздушным движением и аэродромные радиолокационные станции	1 250–1 259	–	+
Помехи от террористов и радиохулиганов в полосах ГЛОНАСС и GPS	1 176; 1 226–1 250; 1 575–1 604	+	+
Помехи от радиохулиганов и террористов в рабочих полосах линий передачи данных дифференциальных спутниковых подсистем	108–118	+	+

Определены следующие основные подходы к решению проблем уязвимости РНС:

определение областей применения навигационных технологий, критичных к качеству координатно-временного обеспечения, и формулирование требований для каждой категории потребителей;

совершенствование методов и средств, направленных на снижение влияния факторов уязвимости, присущих конкретному типу РНС;

комплексирование и интегрирование РНС различных типов между собой и другими навигационными системами, строящихся на отличающихся физических принципах;

создание альтернативных навигационных систем, применяемых как автономно, так и на основе интегрированного радионавигационного поля;

создание дифференциальных подсистем различного назначения и уровня (глобальных, региональных, локальных);

разработка требований к помехоустойчивости навигационной аппаратуры потребителей для критичных областей применения, принятие специальных мер для повышения ее помехоустойчивости на этапе проектирования и обязательная сертификация этой аппаратуры на соответствие требованиям к помехоустойчивости;

проведение систематических исследований по оценке влияния на навигационную аппаратуру потребителей со стороны потенциально опасных радиоэлектронных средств;

организация комплексного мониторинга электромагнитной совместимости;

создание наземной системы мониторинга электромагнитной обстановки в частотных диапазонах РНС с использованием специальных наземных и подвижных обнаружителей источников помех, штатных приемников РНС, средств оповещения потребителей, баз данных о помехах и результатах их воздействий;

проведение организационных мероприятий, включающих: обучение сотрудников правилам обнаружения сбоев функционирования навигационной аппаратуры и порядку использования резервных (альтернативных) систем и эксплуатационных процедур; своевременное информирование заинтересованных служб о фактах обнаружения помех; жесткое регулирование соблюдения установленных норм на радиоизлучения, представляющие потенциальную помеховую опасность для сигналов ГНСС.

В качестве одного из важнейших методов защиты от помех системы ГЛОНАСС следует рассматривать расширение состава частот сигналов. В соответствии с Концепцией развития навигационных сигналов ГЛОНАСС планируется и реализуется, в дополнение к сигналам с частотным разделением в диапазонах L1, L2, использование сигналов с кодовым разделением в диапазонах L1 – L3 ГЛОНАСС и др.

При этом целесообразна интеграция систем ГЛОНАСС, GPS и др., а также наземных систем на уровне навигационной аппаратуры потребителей.

Второй метод также предполагает реализацию средств защиты от помех в бортовой спутниковой аппаратуре и средствах функциональных дополнений. Это обусловлено тем, что наземные средства могут быть недостаточно надежными и оперативными. Метод связан с существенным изменением взглядов на спутниковую аппаратуру как на нечто абсолютно надежное и «неподвижное» и предполагает:

создание блока анализа электромагнитной обстановки и использование внутренних обнаружителей помех;

создание специальных схем и алгоритмов подавления помех (фильтры, развязки и т. д.);

использование алгоритмов сглаживания кодовых измерений с привлечением измерений фазы несущей;

использование управляемой пространственной избирательности синтезируемых антенных систем, в том числе с «нулями» в направлении на помеху.

Важными способами придания устойчивости навигационному обеспечению являются резервирование, комплексирование и интегрирование навигационных систем различных принципов действия и различного базирования. Основным системным методом снижения уязвимости является интегрирование с бортовыми автономными системами, предполагающее:

использование информации автономных и других систем на борту подвижных средств для сужения полосы пропускания следящих трактов приемников ГНСС;

определение навигационных параметров по данным автономных средств и ГНСС в навигационном комплексе и использование этих данных при решении всех задач.

При решении вопроса повышения живучести импульсно-фазовой РНС следуют в основном путем применения подвижных (мобильных) импульсно-фазовых РНС и использования многочастотных систем.

Для повышения точностных параметров навигационных измерений применяются прогрессивные режимы эксплуатации импульсно-фазовой РНС, такие как:

режим работы с функционально равноценными станциями;

режим одновременной работы со смежными цепями;

дифференциальный режим.

Дальнейшее повышение точности сопряжено с уменьшением инструментальных погрешностей измерения навигационного параметра, совершенствованием алгоритмов пересчета полученных результатов из гиперболической в прямоугольную систему координат и созданием моделей поправок к фазовой скорости распространения радиоволн в зависимости от рельефа и состояния подстилающей поверхности.

Потенциальные возможности по снижению влияния ошибок, вызванных изменением условий распространения радиоволн на суммарную ошибку импульсно-фазовой РНС, ограничиваются ресурсоемкостью сопряженных мероприятий.

В общем случае повышение стабильности и точности работы импульсно-фазовой РНС требует проведения большого объема работ по калибровке их параметров с учетом конкретных условий распространения радиоволн, состояния подстилающей поверхности, географических районов использования и др.

Также существенного улучшения работоспособности навигационной аппаратуры потребителей ГНСС можно достичь за счет комплексной программной обработки информации. Комплексование устройств и систем на уровне программной обработки информации позволит:

сократить время поиска сигналов измерителей;

уменьшить или полностью исключить вероятность ложных захватов следящих измерителей и уменьшить вероятность срыва слежения за соответствующими параметрами радиосигналов;

улучшить характеристики точности и помехоустойчивости радиотехнических измерителей в режиме слежения и устранить или уменьшить методические погрешности измерителей;

обеспечить режимы квазикогерентного приема и обработки радиотехнических сигналов (что не представлялось возможным в

соответствующих некомплексных измерителях) и тем самым значительно улучшить характеристики их точности;

компенсировать для высокодинамичных подвижных объектов влияние движения объекта на работу измерителей.

Необходимо отметить, что в условиях, когда прием сигналов основных штатных РНС невозможен или затруднен, крайне важно иметь альтернативные способы навигации и позиционирования, а также резервные навигационные системы, обеспечивающие необходимую точность координатно-временных определений.

Исходя из этого, наряду с РНС космического и наземного базирования применяются маячные и радиомаячные средства навигации, а также средства, использующие естественные поля и силы (инерциальные, магнитометрические, астрономические, гравиметрические и др.).

В качестве РНС, резервных по отношению к ГНСС, могут быть использованы локальные наземные РНС, обладающие высокой надежностью и помехоустойчивостью, масштабируемой инфраструктурой, а также низкими эксплуатационными расходами.

Существующие и перспективные системы локальной навигации способны решать задачи определения местоположения людей, техники и других физических объектов в пределах конкретной территории или внутри здания, обеспечивая сантиметровую точность.

В последние годы все большее распространение получают альтернативные навигационные системы, а также интегрированные, сочетающие в себе преимущества РНС, инерциальной навигации и других альтернативных методов определения координат.

Основными из применяемых альтернативных технологий, использующихся для локальной навигации и позиционирования, являются технологии:

- радиочастотные;
- инфракрасного позиционирования;
- ультразвукового позиционирования;
- использующие магнитные и электромагнитные поля;
- использующие инерциальные датчики;
- использующие цифровые видеокамеры;
- использующие тактильные системы и теодолиты;
- гибридные или комбинированные технологии.

5.7. Перспективы развития аппаратуры потребителей

5.7.1. Общие тенденции развития аппаратуры потребителей

Навигационная аппаратура потребителей является важнейшей составной частью навигационного обеспечения.

В целом под навигационной аппаратурой потребителей понимается изделие в законченном виде или совокупность приемоизмерительного модуля с

антенной, предназначенной для приема и обработки радиосигналов РНС в целях решения навигационных задач и синхронизации шкал времени потребителей.

Приемоиндикаторная аппаратура навигационной аппаратуры потребителей разрабатывается для воздушных, морских, речных и наземных потребителей для работы по различным видам РНС с учетом специфики решаемых задач.

Практически все потребители ориентированы в перспективе на использование бортовой интегрированной аппаратуры с комплексной обработкой сигналов от нескольких РНС космического и наземного базирования.

В последние годы происходит бурный рост парка навигационной аппаратуры потребителей. Благодаря развитию микропроцессорной техники и средств связи на рынке появляются новые модели товаров и виды услуг в области навигации. Состав требований к навигационной аппаратуре потребителей и ее характеристикам определяется спецификой задач, решаемых потребителем.

Наиболее массовым техническим средством, которое находит своих потребителей в разных областях деятельности, становится навигационная аппаратура потребителей ГНСС.

Наряду с решением исключительно навигационных задач возможности ГНСС широко используются в системах точного времени, связи, геодезии, картографии, метеорологии, на транспорте, в управлении городским хозяйством, строительстве, сельскохозяйственной деятельности, при проведении поисково-спасательных работ, для туризма и путешествий.

За последнее десятилетие сектор приборов и услуг глобального позиционирования стал наиболее динамично развивающейся коммерческой отраслью.

5.7.2. Аппаратура потребителей ГНСС

Классификация навигационной аппаратуры потребителей ГНСС

В соответствии с назначением различают следующие основные виды навигационной аппаратуры потребителей ГНСС:

- авиационного применения;
- морского и речного применения;
- наземного применения;
- геодезического применения;
- с функциями синхронизации времени и частоты;
- общего назначения;
- навигационные приемники для мобильных беспроводных устройств;
- навигационные ГЛОНАСС OEM-модули.

К навигационной аппаратуре потребителей *авиационного применения* отнесены изделия, устанавливаемые на борту самолета или вертолета и обеспечивающие сопряжение с другими бортовыми системами навигации и

связи. Спектр применения бортовой навигационной аппаратуры потребителей довольно широк – от автономного навигатора до составной части единого комплекса связи, навигации и наблюдения. Спецификация (характеристики) бортовых навигационных систем определяется международными и национальными стандартами и должна отвечать, в первую очередь, требованиям обеспечения безопасности полетов воздушных судов.

К аппаратуре *морского применения* отнесены радионавигационные приемники, предназначенные для размещения на борту судов морского или речного флота. Характеристики данного класса аппаратуры определены международными и национальными стандартами. Такие системы допускают интеграцию с другими средствами навигации, например, с радиолокационными станциями или эхолотами, образуя единый навигационный комплекс, обеспечивающий заданные параметры судоходства. Кроме того, навигационные датчики ГНСС могут сопрягаться с бортовыми радиомаяками, что позволяет существенно повысить эффективность поисково-спасательных работ.

К аппаратуре *наземного применения* отнесены автомобильные и бытовые носимые приемники РНС. Для бытовых приемников основными требованиями являются: приемлемая цена, простота использования, компактность, удобный интерфейс, возможность подключения компьютера. Автомобильный навигационный приемник представляет собой более широкий класс аппаратуры – от автономного навигатора до сложного телематического модуля, позволяющего в реальном времени в беззапросном режиме осуществлять контроль за перемещением транспортных средств и в том числе поиск угнанного автотранспорта. В некоторых случаях телематический модуль может осуществлять дополнительные функции по мониторингу датчиков, контролирующих состояние устройств автомобиля или груза.

Радионавигационная аппаратура *геодезического применения* предназначена для высокоточной геодезической оценки базовых линий путем использования кодовых и высокоточных фазовых измерений с последующей камеральной обработкой или в режиме кинематики реального времени. Навигационный приемник геодезического класса, в зависимости от условий применения, может поддерживать широкий набор опций, включение которых зависит от требований покупателя. Среди наиболее значимых опций можно отметить прием сигналов нескольких систем навигации, двухчастотные измерения, прием сигналов локальных или широкозонных систем функциональных дополнений, поддержку RTCM протокола, решение по базовой линии в режиме реального или псевдореального времени. К этому же классу аппаратуры отнесены опорные референцные станции, которые обеспечивают стандартный набор функций по приему, накоплению, обработке и передаче информации, включая данные дифференциальной коррекции.

К навигационной аппаратуре потребителей *с функциями синхронизации* отнесены устройства, обеспечивающие частотную или временную синхронизацию систем и средств пользователя. Хранителем эталона частоты и

времени является спутниковая система, обеспечивающая глобальную зону действия своего сервиса. Подобная навигационная аппаратура потребителей активно применяется для создания систем единого времени в локации, связи, управлении и мониторинге удаленных объектов, в том числе с высокой динамикой состояния. Точность синхронизации времени, в зависимости от условий использования и аппаратных решений, может достигать 10–30 нс без использования дополнительных устройств стабилизации.

К навигационной аппаратуре потребителей *общего назначения* отнесены платы навигационных приемников, на основе которых можно сконструировать устройства для последующего применения в соответствии с требованиями заказчика. Использование различных платформ навигационных приемников позволяет создавать значительное количество телематических модулей для мониторинга движения наземных транспортных средств, в том числе противоугонных систем. Исходя из возможностей платформы и требований заказчика, одно и то же изделие может быть использовано в различных системах и условиях применения.

Навигационные приемники для мобильных беспроводных устройств (коммуникаторов, смартфонов, интернет-планшетов и т. д.) являются одним из наиболее перспективных и быстрорастущих сегментов рынка аппаратуры глобального позиционирования. Для прорыва ГНСС-приемников на сотовый рынок были созданы весомые технологические предпосылки, в том числе миниатюрные ГНСС-чипы и многофункциональные процессоры со специальным программным обеспечением.

К классу навигационных OEM-модулей отнесены элементы навигационных приемников в составе навигационных плат или наборов микросхем. Эти элементы выполняют основные функции навигационных систем – решение навигационной задачи и прием информационных сообщений навигационного КА. Исходя из специфики деятельности разработчика, OEM-модули комплексируются с другими техническими средствами, реализующими интерфейс, обработку и передачу данных в зависимости от специфики требований потребителя. Учитывая широкий спектр применения навигационной аппаратуры, номенклатура изделий на базе OEM-модулей находит применение в системах телематики на транспорте, в связи, охранных системах и т. д.

Основные характеристики навигационной аппаратуры потребителей ГНСС

Спутниковая навигация признана потребителями как одно из наиболее надежных и точных средств позиционирования. Требования к навигационной аппаратуре потребителей ГНСС сформулированы и регулярно уточняются.

В число задаваемых требований обычно включаются погрешности определения координат, вектора скорости и времени, время получения первого отчета, непрерывность (устойчивость) навигационных измерений навигационной аппаратуры потребителей (длительность перерывов в

навигационных определениях) при наличии внешних помех, время восстановления выдачи навигационных параметров после потери слежения за навигационными сигналами и др.

При проведении анализа различной навигационной аппаратуры потребителей ГНСС внутри одного класса к сравнению принимаются следующие характеристики:

- количество отслеживаемых каналов;
- тип отслеживаемого сигнала;
- максимальное число отслеживаемых спутников;
- габариты;
- вес;
- точность позиционирования (местоопределения);
- частота обновления данных;
- время «холодного» старта;
- время «теплого» старта;
- время захвата (синхронизации);
- количество портов;
- типы интерфейсов;
- скорость передачи данных;
- диапазон рабочих температур и других условий применения;
- потребляемая мощность;
- требования к источнику питания;
- наличие функции мониторинга целостности;
- возможность приема информации от дополнительных внешних источников;
- тип используемой антенны.

Основные характеристики навигационной аппаратуры потребителей ГНСС современных моделей лежат в следующих диапазонах:

количество каналов приема – не менее 12. Различные мультисистемные модели навигационной аппаратуры потребителей способны отслеживать от 20 до 216 и даже 336 каналов, используя дополнительно сигналы ГЛОНАСС, WAAS, EGNOS, MSAS и др.;

погрешность местоопределения в зависимости от режима работы составляет от 1 до 20 м. Имеются модели навигационной аппаратуры потребителей, обеспечивающие сантиметровую точность;

потребляемая мощность находится в пределах от 0,03 Вт до нескольких десятков Вт;

- время захвата составляет от 1 до 1 000 нс;
- время «холодного старта» – от 30 с до 10 мин.;
- время «горячего старта» – от 5 с до 4 мин.;
- рабочие температуры – от минус 50 до плюс 85 °С;
- скорость передачи данных – от 300 бит/с до 100 Мбит/с;

диапазон габаритных размеров навигационной аппаратуры потребителей ГНСС – от величин, измеряемых в миллиметрах, до нескольких десятков сантиметров;

масса – от нескольких граммов до нескольких килограммов.

5.7.3. Аппаратура потребителей наземных радионавигационных систем

В государствах – участниках СНГ эксплуатируется более 30 типов навигационной аппаратуры потребителей наземных РНС, значительное число из которых было разработано на устаревшей элементной базе, имеет большие массогабаритные характеристики, низкую надежность, морально устарело и уже снято с производства.

Многие образцы серийно выпускаемой аппаратуры не отвечают международным требованиям и неконкурентоспособны на мировом рынке.

В настоящее время ведутся разработки новых образцов приемоиндикаторных устройств.

Дальнейшее развитие навигационной аппаратуры потребителей в части специализации связывается с расширением областей ее применения.

5.8. Информационные системы для радионавигации

Информационные системы для радионавигации предназначены для информирования потребителей о состоянии и основных характеристиках ГНСС и их функциональных дополнений. Данная информация необходима потребителям для планирования навигационного обеспечения на маршруте, в терминальных зонах (зоны аэропортов), при судовождении в проливных зонах и узкостях и т. д.

Указанные системы должны получать информацию о состоянии ГЛОНАСС от центра управления системой и средств мониторинга ГЛОНАСС, а также информацию о состоянии зарубежных ГНСС и их дополнений – от зарубежных информационных систем и собственных средств мониторинга.

Подробную информацию о состоянии и реальных точностных характеристиках ГНСС ГЛОНАСС и GPS можно получать на сайте информационно-аналитического центра координатно-временного и информационного обеспечения федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (<http://www.glonass-center.ru>).

Информирование потребителей гражданской авиации предполагается обеспечивать посредством использования Центра аэронавигационной информации и создания Аэронавигационной информационной системы.

6. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Международное сотрудничество государств – участников СНГ в области радионавигационного обеспечения определяется межгосударственными договорами и соглашениями в рамках их деятельности и международными договорами со странами дальнего зарубежья.

Главными целями международного сотрудничества определены:

координация технической политики государств – участников СНГ в области радионавигации с учетом национальных интересов;

развитие международного рынка навигационных услуг и создание на территориях государств – участников СНГ благоприятных условий для потребления навигационных услуг;

взаимовыгодный информационный обмен в интересах совершенствования и развития навигационных систем и средств.

Взаимодействие охватывает вопросы создания и использования международных РНС, а также сопряжение РНС государств – участников СНГ с европейской и мировой системами.

Значимость совместных работ обуславливается глобализацией мировой экономики и ужесточением требований к безопасности движения воздушных и морских потребителей.

Задачами международного сотрудничества для достижения обозначенных целей являются:

совершенствование отдельных национальных планов развития радионавигации государств – участников СНГ;

интегрированное использование полей космических и наземных РНС;

создание объединенных РНС с использованием станций систем «Чайка» и «Лоран-С» или других средств радионавигационного обеспечения в государствах – участниках СНГ, странах Европы и Азии, в том числе в Дальневосточном регионе;

определение ключевых РНС, обеспечивающих движение транспорта государств – участников СНГ;

создание и обеспечение условий для комбинированного использования потребителями существующих и перспективных ГНСС: ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и BEIDOU;

обеспечение совместимости и взаимодополняемости системы ГЛОНАСС с другими глобальными и региональными навигационными системами;

реализация средств функциональных дополнений ГЛОНАСС и навигационной аппаратуры потребителей, работающих по сигналам стандартной точности, оказание помощи в их обслуживании, ремонте и эксплуатации, внедрении в информационные контуры объектов гражданских отраслей;

создание условий для расширения экспорта навигационной аппаратуры потребителей и технических средств ГЛОНАСС, произведенных на предприятиях государств – участников СНГ на зарубежные рынки;

обеспечение выполнения международных договоров и других международных обязательств государств – участников СНГ в области радионавигации;

координация выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию международных РНС и средств;

гармонизация нормативно-правовой и нормативно-технической базы, обеспечивающей эффективную навигационную деятельность на территориях государств – участников СНГ, сопредельных государств и в странах дальнего зарубежья.

Международное сотрудничество в сфере радионавигации предусматривает деятельность по следующим направлениям:

выполнение мероприятий в рамках межгосударственных соглашений;

разработка и реализация межгосударственных радионавигационных программ государств – участников СНГ;

участие в работе Межгосударственного совета «Радионавигация»;

выполнение Основных направлений (плана) развития радионавигации государств – участников СНГ на обозначенный период времени;

сотрудничество с институтами навигации государств – участников СНГ в целях проведения совместных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке и созданию отдельных элементов национальных космических навигационных систем на основе ГЛОНАСС и новых навигационных технологий;

участие в работе международных организаций системы ООН и других всемирных и региональных объединений по тематикам ГНСС и международных РНС;

участие в межгосударственных программах сотрудничества в области фундаментальных и прикладных наук, учреждение международных научных центров, развитие двустороннего научно-технического сотрудничества, активизация обмена научно-технической информацией в области ГНСС;

участие в международных сеансах радиointерферометрических наблюдений для решения задач координатно-временного и навигационного обеспечения.

Международное сотрудничество государств – участников СНГ со странами дальнего зарубежья в области радионавигации осуществляется участием в работе международных организаций: Европейская группа институтов навигации; Международный комитет по глобальным навигационным спутниковым системам; ИКАО; ИМО; МАМС; Международная ассоциация институтов навигации; Международная служба ГНСС (IGS); Радиотехническая комиссия по авиационным радиотехническим средствам; Радиотехническая комиссия морских сервисов; Дальневосточная радионавигационная служба.

7. ЭФФЕКТЫ, ОЖИДАЕМЫЕ ОТ РЕАЛИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Развитие РНС в государствах – участниках СНГ направлено на достижение следующих эффектов:

социально-экономический эффект – снижение себестоимости перевозок за счет:

экономии топлива на 5 % в результате сокращения времени нахождения транспортного средства в пути;

сокращения эксплуатационных расходов на 10 %;

экономии капитальных вложений за счет исключения установки новых наземных радионавигационных средств, сокращения номенклатуры навигационной аппаратуры потребителей;

экономии электроэнергии за счет сокращения количества эксплуатируемых наземных радионавигационных средств;

социальный эффект:

прогнозируемое уменьшение количества чрезвычайных происшествий за счет повышения уровня безопасности на всех видах транспорта;

создание более благоприятных условий для эффективной борьбы с преступностью и терроризмом;

повышение качества обслуживания пассажиров за счет повышения регулярности движения транспорта;

повышение производительности труда за счет увеличения объемов перевозок в часы пик и, как следствие, снижение фактора «транспортной усталости»;

увеличение числа рабочих мест за счет расширения производства спутниковой навигационной аппаратуры потребителей;

повышение информированности населения за счет создания навигационно-информационных модулей на базе интегрированных чипов, внедряемых в разрабатываемые отечественные средства индивидуального пользования – сотовые телефоны и смартфоны, медицинские датчики для телемедицины, средства индивидуальной безопасности и социальной помощи (для пенсионеров, инвалидов, детей) с тревожной кнопкой и др.

научно-технический эффект:

создание высокоточного непрерывного глобального навигационно-временного поля;

повышение точности местоопределения транспортных и других объектов в 20–50 раз;

повышение степени достоверности получения навигационной информации;

создание условий для научных исследований атмосферы и земной поверхности, способности по предсказанию землетрясений и других неблагоприятных явлений и катастроф;

освоение самых современных микроэлектронных и информационных технологий;

экологический эффект:

исключение радиоизлучения наземных РНС, снимаемых с эксплуатации, улучшение экологической обстановки вследствие прекращения эксплуатации дизельных установок на наземных радионавигационных объектах;

улучшение экологической обстановки за счет снижения расхода топлива при полетах воздушных судов и движении автотранспорта по наиболее выгодным и прямым маршрутам.

**Диапазоны радиочастот, используемые действующими
радиоэлектронными средствами РНС**

Типы РНС (по месту развертывания)	Область применения РНС	Наименование РНС	Диапазон частот
Спутниковые	Общего назначения	ГЛОНАСС	1 592–1 621; 1 237–1 262; 1 197–1 213 МГц
	Геодезия	ГЕО-ИК-2	267-273; 2 200 МГц
Наземные	Авиационные РНС	Маршрут (Альфа)	10–17 кГц
		Тропик-2 (Чайка), Тропик-2П	83–117 кГц
		ПРС-АРК	150–1 750 кГц
		РМА-90 (VOR); авиационные локальные дифференциальные спутниковые подсистемы	108–118 МГц
		СП-75; СП-80; СП-90; СП-200	108–112; 329–335; 75 (маркер) МГц
		РМД-90 (DME)	962–1 213 МГц
		РСБН-4Н (-4НМ, -8Н), Тропа-СМД	770–812,3; 873,6–935,2; 939,6–1 000,5 МГц
		ПРМГ-5 (-76У, -76УМ)	772–808; 905,1–932,4; 939,6–966,9 ¹ МГц
	Морские РНС	Марс-75, Неман-М	64–92 кГц
		Радиомаяки морские типа круговой маяк морской и АЛМАЗ; морские дифференциальные спутниковые подсистемы	285–325 кГц
		Спрут-Н1	1,6–2,2 МГц
		Поиск	1–2,4 МГц
		БРАС-3	1,6–2,2 МГц
		РС-10	3,6–12 МГц
		ГРАС/ГРАС-2	4 100–4 300/ 3 902–4 198 МГц
Крабик-Б	321–331 МГц		
Крабик-БМ	230–332 МГц		

¹ Уточняется по мере освобождения диапазона для систем сотовой связи.