

ГЛОНАСС — Российская национальная система

Состояние, перспективы развития и применения системы ГЛОНАСС



Юрий Урличич,
генеральный директор —
генеральный конструктор
ФГУП "РНИИ КП",
генеральный конструктор
системы ГЛОНАСС

Введение

В последние годы глобальные навигационные спутниковые системы все больше внедряются во многие отрасли экономики, уверенно входят в повседневную жизнь граждан. Многие уже ощутили преимущества персональной навигации, используя навигационные приемники во время поездок на автомобиле, когда необходимо проехать к незнакомому месту назначения. Процесс внедрения технологий спутниковой навигации лавинообразно растет, и скорость роста можно сравнить, пожалуй, с развитием мобильной связи. Уже сейчас практически весь транспорт, энергетика, связь, транспортировка нефти и газа, разведка месторождений и многие другие отрасли экономики, вплоть до сельского хозяйства и коммунальных служб, используют и в будущем готовятся расширять применение спутниковых навигационных систем для определения координат и синхронизации часов, организации контроля и управления.

Назначение глобальных навигационных спутниковых систем

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) становятся реально глобальным средством мировой инфраструктуры. Такое масштабное применение технологий спутниковой навигации в базовых отраслях экономики вызывает определенный риск зависимости экономики от работоспособности ГНСС. Этот риск существенно возрастает, когда национальная экономика попадает в зависимость от работоспособности системы, которая находится под контролем другого государства. Здесь имеется в виду, что на настоящий момент наиболее широкое распространение в мире, в том числе и у нас, получила американская система GPS. При сохра-

нении монополии на навигационную деятельность Соединенные Штаты получают реальный шанс использовать систему GPS как средство политического давления. Они этого и не скрывают, о чем практически открыто заявляют в национальной политике в отношении средств координатно-временного и навигационного обеспечения космического базирования, которая утверждена Президентом США в декабре 2004 г.

В этих условиях наличие второй глобальной навигационной спутниковой системы является необходимым условием снижения риска попадания в "навигационную" зависимость от воли администрации США. Такой системой призвана стать ГЛОНАСС.

Даже при наличии в орбитальной группировке ГЛОНАСС 12 космических аппаратов, как сейчас, риск зависимости от системы GPS снижается до минимума. Это вынуждены признать даже те стороны, которые не обладают и не смогут обладать собственной ГНСС и которые стараются активно использовать в своей экономике именно комбинированные приемники GPS/ГЛОНАСС. В нашей стране применение системы ГЛОНАСС, особенно в стратегических отраслях, таких как транспорт, энергетика, связь, транспортировка нефти и ряде других, должно стать обязательным условием. Причем создание и развитие прикладных потребительских систем, использующих технологии на базе ГЛОНАСС, не должно сдерживаться неполной орбитальной группировкой, поскольку сейчас, пока никто не угрожает отключением системы GPS, такие потребительские системы вполне могут внедряться на базе комбинированной ГЛОНАСС/GPS аппаратуры. Но нельзя забывать и о том, что возможность загробления навигационных сигналов для гражданских потребителей в системе GPS существует, а в планах ее развития присутствует

возможность полного исключения приема гражданских навигационных сигналов в определенных районах в определенное время.

Таким образом, система ГЛОНАСС является стратегическим средством, ключевым элементом национальных средств координатно-временного и навигационного обеспечения, относится к особо важной государственной инфраструктуре, которая обеспечивает как национальную безопасность, так и экономическое развитие. Для государства наличие глобальной навигационной спутниковой системой по значению можно сравнить с обладанием ядерным оружием и стратегическими запасами энергетических ресурсов, что явно или неявно определяет политический вес государства в рамках международного сотрудничества. Поэтому восстановление системы ГЛОНАСС, обеспечение ее конкурентоспособности является одной из важнейших государственных задач в обеспечении национальной "навигационной" безопасности.

История создания и развития ГЛОНАСС

Идея создания спутниковой навигационной системы появилась еще в 1957 г., в процессе полета первого искусственного спутника Земли, когда некоторые специалисты, принимая сигнал от спутника, задумались, а почему бы не использовать его для определения своего положения на Земле по измерениям доплеровского смещения частоты при известной орбите спутника и модели его движения. Так что прообразом современных ГНСС по праву можно считать первый искусственный спутник Земли, запущенный Советским Союзом 4 октября 1957 г. Позже появились системы Transit (США) и наша "Цикада", которые работали именно по этому принципу.

Решение о создании ГЛОНАСС принималось в условиях заметного отставания от проводимых США разработок системы Navstar (GPS). В СССР в короткий срок была разработана аналогичная система. При этом ряд технических решений отличался от принятых в системе GPS. Так, в ГЛОНАСС выбранные параметры орбитальной группировки обеспечивают большую устойчивость движения навигационных спутников, что, в отличие от спутников системы GPS, практически не требует проведения корректирующих маневров. С другой стороны, принятое в GPS кодовое разделение навигационных сигналов, в отличие от частотного в системе ГЛОНАСС, упрощает создание массовой потребительской аппаратуры и позволяет неограниченно наращивать количество спутников.

Уже в начале 90-х годов стало ясно, что спутниковые навигационные системы находят самое широкое применение. От имени Правительства Российской Федерации в 1995 г. было сделано официальное заявление о предоставлении сигналов системы ГЛОНАСС для повсеместного использования и взяты обязательства по предоставлению сигналов ГЛОНАСС всем потребителям на безвозмездной основе. Однако после этого, в силу известных политических и экономических причин 90-х годов, поддержание системы ГЛОНАСС практически не проводилось. Орбитальная группировка по причине естественного сокращения состава за счет КА, выработавших свой ресурс, неуклонно сокращалась и достигла своего минимума к 2001 г., когда в составе орбитальной группировки осталось только 6 работоспособных спутников. Одновременно деградировал наземный комплекс управления. В то время, в конце 90-х, под вопросом стояло само дальнейшее существование системы ГЛОНАСС.

В 1999 г. система была предоставлена в качестве основы для создания международной глобальной навигационной спутниковой системы. Это был ошибочный расчет на привлечение европейских инвестиций в систему ГЛОНАСС. Но Европа, понимая стратегическое значение глобальной навигации, приняла решение о создании своей ГНСС — Galileo, правда, также ошибочно полагая, что эту систему можно создать и эксплуатировать на коммерческой основе. В 2001 г. Постановлением Правительства Российской Федерации была принята разработанная под руководством Российского авиационно-космического агентства (сейчас Роскосмос) долгосрочная Федеральная целевая программа "Глобальная навигационная система" на период 2002-2011 гг., целью которой является восстановление системы ГЛОНАСС и ее широкое внедрение. Эта программа, уже в редакции 2006 г., вступила в решающую фазу создания и внедрения системы ГЛОНАСС.

Состав системы ГЛОНАСС

Многие потребители услуг спутниковой навигации, покупая в магазине навигационную аппаратуру потребителя (НАП), даже не задумываются о том, насколько сложна система, которая позволяет им глобально в любой точке и в любую погоду определять свои координаты, скорость, направление движения и осуществлять временную синхронизацию на поверхности Земли, на море, в воздухе и околоземном пространстве. Для решения

этих задач НАП должна принять навигационные радиосигналы космических аппаратов (КА) орбитальной группировкой (ОГ). При этом работу КА обеспечивает целый комплекс наземных средств, поэтому исходя из сложности и многоплановости задач, стоящих перед ГЛОбальной НАвигационной Спутниковой Системой (ГЛОНАСС), в ее составе можно выделить:

- космический комплекс, включающий ОГ, наземный комплекс управления (НКУ) и ракетно-космический комплекс (РКК);
- комплекс средств функциональных дополнений (ФД);
- средства фундаментального обеспечения;
- навигационную аппаратуру потребителя (НАП).

В штатном варианте орбитальная группировка системы ГЛОНАСС включает в себя 24 космических аппарата (КА) на круговых орбитах высотой 19 100 км, наклоном 63,8 градуса и периодом обращения 11 часов 15 минут. Космические аппараты (КА) орбитальной группировкой (ОГ) равномерно распределены по трем орбитальным плоскостям по восемь в каждой, тем самым обеспечивая глобальное непрерывное покрытие поверхности Земли таким образом, чтобы одновременно в любой точке потребитель мог бы видеть минимум четыре спутника.

Наземный комплекс управления решает две основные задачи. Первая задача — управление орбитальной группировкой спутников, т.е. контроль за состоянием бортовых систем космических аппаратов, закладка на борт необходимых команд и специальной целевой информации, поддержание заданной конфигурации орбитальной группировки, планирование полета (проведение коррекций орбит, обеспечение запусков новых КА взамен выработавших свой ресурс, проведение регламентных работ, принятие необходимых мер в нештатных ситуациях и многое другое).

Вторая задача — это эфемеридно-временное обеспечение, т.е. обеспечение спутников информацией об их точном положении и расхождении бортовых часов относительно системной шкалы времени. Эта информация передается потребителям в навигационном сигнале и используется для навигации. В задачи контура эфемеридно-временного обеспечения входят: определение орбит навигационных космических аппаратов, определение расхождений часов каждого спутника относительно системной шкалы времени, формирование и поддержание самой системной шкалы времени и ее синхронизация со шка-

лой времени государственного эталона времени и частоты, контроль характеристик навигационного поля, создаваемого системой ГЛОНАСС.

Хотя в силу субъективно-исторических причин задачи синхронизации шкал времени бортовых часов, формирование и поддержание системной шкалы времени и ее синхронизация с госэталонном в свое время были выделены в самостоятельную систему синхронизации, отдельно от наземного комплекса управления, формально оставив в НКУ только задачи определения орбит из всего комплекса задач эфемеридно-временного обеспечения, тем не менее эти задачи решаются совместно.

Неотъемлемой частью навигационного обеспечения потребителей являются системы функциональных дополнений, к которым относятся системы дифференциальной коррекции и мониторинга целостности систем ГЛОНАСС и GPS. Необходимость создания подобных систем продиктована следующими обстоятельствами:

- повышением точности определения координат в реальном времени в глобальном масштабе, а также доставкой информации о целостности с задержкой не более 6 сек в соответствии с требованиями Международной органи-

зации гражданской авиации (ИКАО) и Международной морской организации (ИМО);

- недостаточной оперативностью внутрисистемных методов контроля целостности и низкой надежностью алгоритмов автономного мониторинга целостности типа RAIM;
- отсутствием в Российской Федерации единой независимой службы контроля качества навигационных услуг;
- сокращением затрат при использовании единого подхода к организации функциональных дополнений и созданию навигационных полей повышенной точности.

С учетом данных задач, текущего состояния и перспектив развития систем функциональных дополнений в Российской Федерации в настоящее время создаются широкая, региональные и локальные системы функциональных дополнений. Функционально объединенные эти системы образуют Федеральную систему дифференциальной коррекции и мониторинга (ФСДКМ) (рис. 1), имеющую трехуровневую систему, которая позволяет обеспечить все категории потребителей необходимой информацией, при этом каждый уровень является самостоятельной подсистемой, способной автономно решать задачи выработки и передачи корректирующей

информации и сообщений о целостности систем ГЛОНАСС и GPS.

В связи с тем, что приоритетным направлением развития системы ГЛОНАСС является обеспечение массового использования ГЛОНАСС для решения различных прикладных задач в государственных и частных секторах экономики, а также для обеспечения национальной безопасности Российской Федерации, то одним из основных направлений развития системы является модернизация системы навигационных сигналов, поскольку их количество и типы определяют качество услуг, предоставляемых потребителям, а также повышение точности эфемеридно-временного обеспечения. Более подробно о программе данных мероприятий рассказывается далее.

Текущее состояние системы ГЛОНАСС

В понимании космического комплекса система ГЛОНАСС сейчас находится на этапе смены поколений космических аппаратов, глубокой модернизации наземного комплекса управления. В настоящее время в составе орбитальной группировки находится 17 КА (рис. 2), из числа которых 11 КА (5 КА "Глонасс-М" и 6 КА "Глонасс") используются по

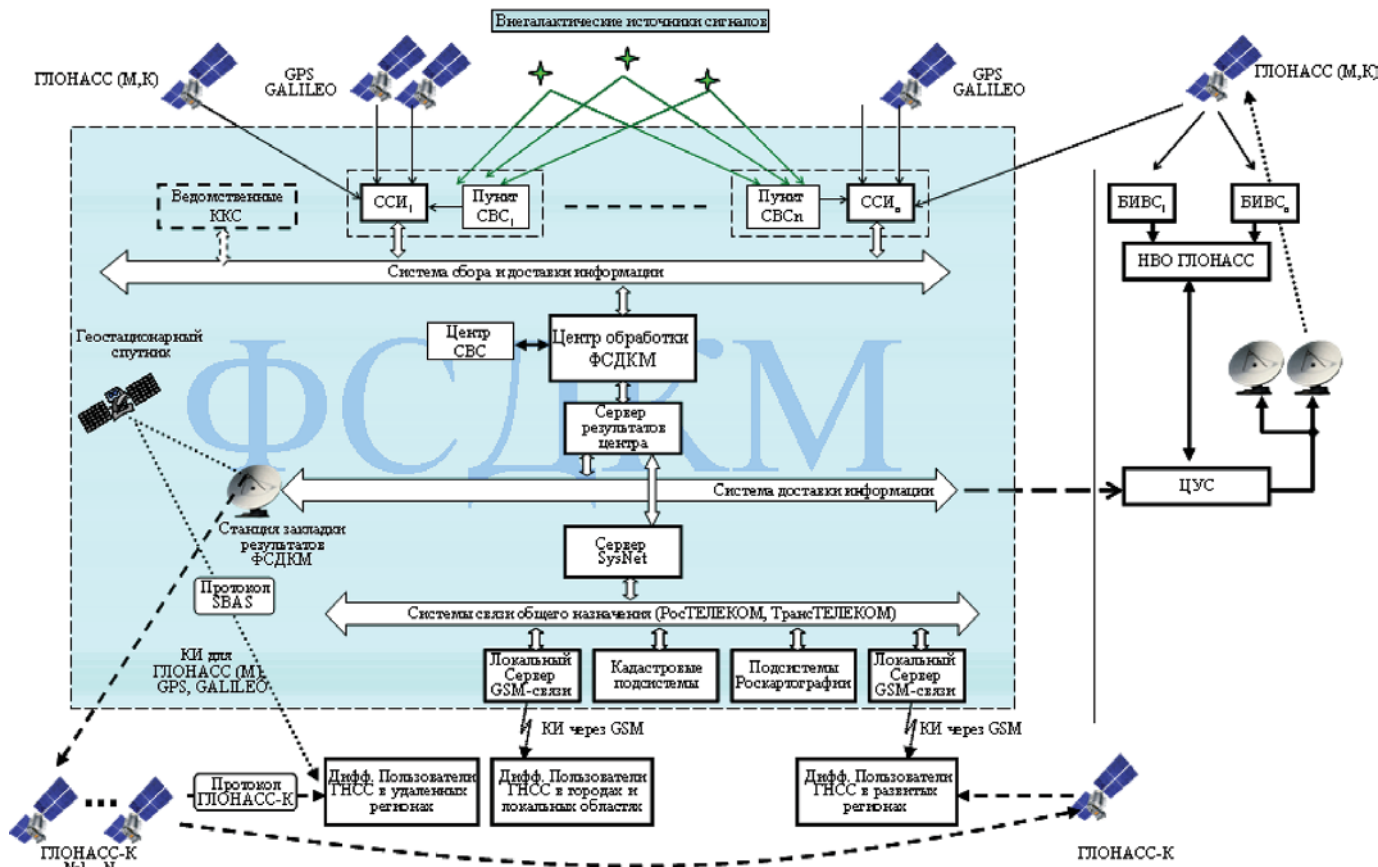


Рис. 1. Федеральная система дифференциальной коррекции и мониторинга (ФСДКМ)

целевому назначению и их навигационные сигналы участвуют в навигационных решениях. Четыре КА из 17 выработали свой ресурс и находятся на этапе закрытия. Еще один КА "Глонасс-М" находится на этапе ввода в систему, и один КА "Глонасс", который находится за пределами гарантированного срока существования, выведен на исследование и должен вскоре быть возвращен в систему.

Усредненный на сутках максимальный перерыв в навигационном обслуживании с использованием системы ГЛОНАСС составляет по территории России 4,6 часа, в глобальном масштабе — 6,3 часа. При этом среднеквадратичная погрешность навигационных определений по системе ГЛОНАСС с учетом реальной геометрии орбитальной группировки из 11 действующих КА (без учета ошибок самого навигационного приемника и ошибок распространения сигнала) составляет порядка 20 метров. Для сравнения: аналогичная точность навигационных определений по системе GPS на настоящий момент составляет 1,7 метра при 30 КА в составе системы.

В соответствии с Федеральной целевой программой "Глобальная навигационная система", в которую были внесены существенные изменения, во исполнение поручений Президента Российской Федерации развертывание орбитальной группировки в составе 18 КА должно быть обеспечено к концу 2007 г. После ввода всех запущенных в 2007 г. спутников в состав системы на территории России будет обеспечена непрерывная навигация при использовании только системы ГЛОНАСС. Глобальная непрерывная навигация будет обеспечена после развертывания полной орбитальной группировки в составе 24 КА в 2009 г. При этом точность навигационных определений по системе ГЛОНАСС должна быть доведена до уровня, сопоставимого с системой GPS.

Программа модернизации

Модернизация глобальной навигационной системы ГЛОНАСС, включая все ее элементы — космический комплекс, средства фундаментального сегмента, потребительский сектор, предусмотрена в новой редакции Федеральной целевой программы "Глобальная навигационная система", утвержденной Правительством Российской Федерации в июле 2006 г. Программа модернизации предусматривает проведение мероприятий, направленных в итоге на обеспечение конкурентоспособности системы ГЛОНАСС, и ее массовое внедрение на отечественном и мировом рынках навигационных услуг.

В части космического комплекса системой ГЛОНАСС предусматривается проведение мероприятий, обеспечивающих полное развертывание орбитальной группировки, повышение точности навигационных определений, доступности навигационных услуг ГЛОНАСС за счет надежности и стабильности работы бортовых и наземных систем космического комплекса.

В первую очередь к концу 2009 г. предусматривается доведение орбитальной группировки до штатного состава из 24 космических аппаратов, основу которой будут составлять КА второго поколения "Глонасс-М". В дальнейшем планируется запуск и летные испытания космического аппарата нового поколения с повышенными тактико-техническими характеристиками "Глонасс-К", который будет иметь новые сигналы, обеспечивающие взаимодополняемость с зарубежными аналогами. При этом точность навигационных определений для гражданских потребителей должна быть доведена до уровня GPS за счет повышения стабильности бортового генератора частоты и дальнейшей модернизации наземного комплекса управления.

В настоящее время на орбите находятся КА двух поколений — КА "Глонасс" и КА "Глонасс-М",

предоставляющие потребителям различные услуги. Космические аппараты первого поколения излучают сигналы в диапазоне L1. Начиная с запуска КА "Глонасс-М" (в 2003 г.) потребители имеют два навигационных сигнала в тех же диапазонах L1 и L2, что позволяет повысить точность навигационных определений за счет исключения влияния искривления траектории прохождения сигнала в ионосфере. В отличие от системы GPS, где применяются сигналы с кодовым разделением каналов (все спутники излучают сигнал на одной несущей частоте), в системе ГЛОНАСС применяется частотное разделение (каждый спутник излучает навигационный сигнал на своей несущей частоте). Каждый из способов обладает своими преимуществами и недостатками. Поэтому, стремясь к сбалансированному развитию системы ГЛОНАСС и расширению количества и качества навигационных услуг, предполагается введение на КА новых навигационных сигналов. Данные сигналы состоят из двух компонент несущей частоты, расположенных в фазовых квадратурах относительно друг друга. Каждая компонента несущей частоты сигнала КА модулируется отдельной битовой последовательностью по закону двоичной фазовой частоты модуляции.

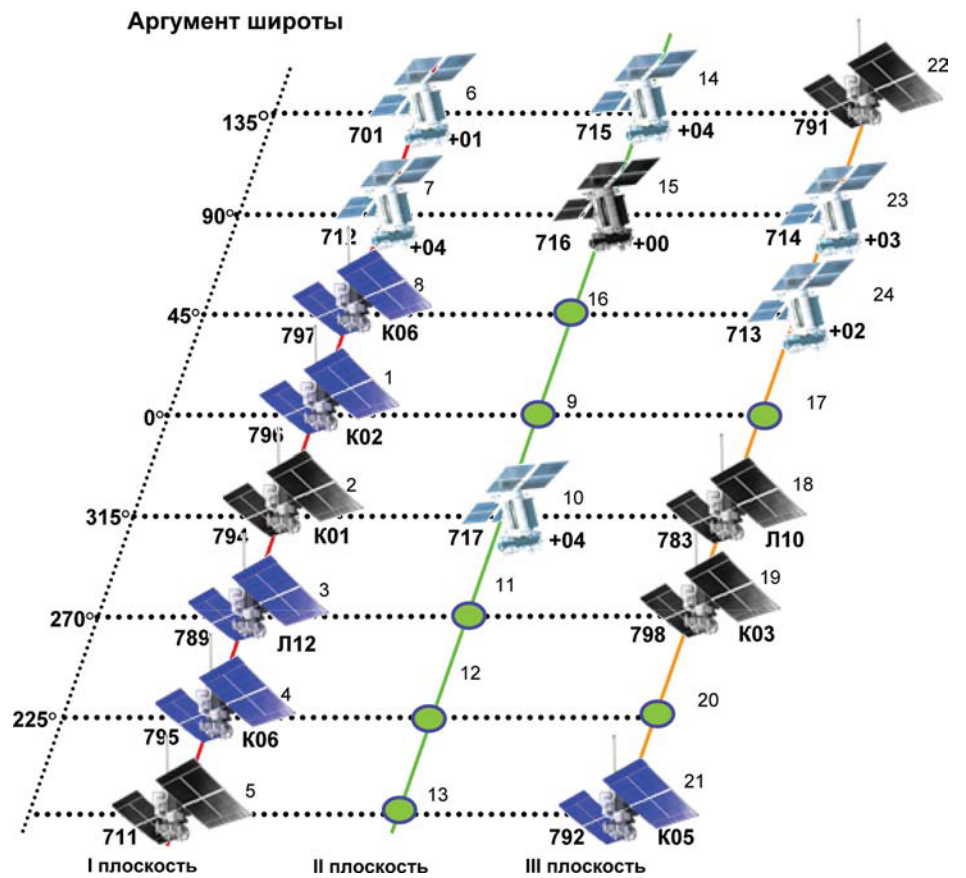


Рис. 2. Состав орбитальной группировки ГЛОНАСС

Модернизация наземного комплекса управления предусматривает в первую очередь развертывание сети беззапросных измерительных станций, дальнейшее ее расширение за счет привлекаемых средств на пунктах геодезической сети и пунктах государственной службы времени и частоты. Планируется также развитие сети измерительных средств и за пределами Российской Федерации в рамках международного сотрудничества. В комбинации с развертыванием системы дифференциальных коррекций и мониторинга система ГЛОНАСС сможет предоставить потребителям навигационные услуги на уровне перспективных требований по точности, доступности и целостности навигации.

Международное сотрудничество

В силу глобального характера навигационного обслуживания с помощью ГНСС и неизбежности совместного использования всех доступных действующих систем одновременно в потребительской аппаратуре международное сотрудничество в области создания, развития и применения ГНСС является объективной необходимостью. В перспективе можно говорить о создании международной "системы систем", которая состоит из отдельных ГНСС, находящихся под национальным управлением, но работающих совместно и взаимодополняя друг друга. Основу будущей "системы систем" могут составить функционирующие на настоящий момент системы GPS США и ГЛОНАСС Российской Федерации. На подходе — европейская Galileo. КНР объявила о создании своей ГНСС — COMPASS. Япония создает региональную навигационную спутниковую систему QZSS. Аналогичные планы по созданию региональной системы IRNSS существуют у Индии.

Двусторонние консультации предыдущих лет выявили в итоге общую заинтересованность и понимание необходимости в международном сотрудничестве в области спутниковой навигации. Определелись основные направления такого сотрудничества. В первую очередь это обеспечение совместимости систем и их взаимодополняемости.

Совместимость означает, что разные системы могут функционировать независимо друг от друга и при этом не создают каких-либо проблем для функционирования со стороны одной системы по отношению к другой. На практике это в основном сводится к отсутствию помех навигационным сигналам какой-либо из систем со стороны другой системы. Эти вопросы решаются в Международном союзе электросвязи в ходе согласования час-

тотных диапазонов и структуры сигналов.

Наиболее важным направлением международного сотрудничества в целях предоставления услуг потребителям на более выгодных условиях при совместном использовании нескольких систем одновременно является обеспечение взаимодополняемости, т.е. обеспечение возможности применения сигналов различных систем в навигационной потребительской аппаратуре при минимальных затратах на создание комбинированной аппаратуры, обеспечивающей большую точность и надежность решения задач координатно-временного и навигационного обеспечения, чем при использовании только одной системы.

Взаимодополняемость имеет три основные составляющие — это взаимодополняемость по навигационным сигналам, по используемым системам координат и по согласованию шкал системного времени. В части используемых систем координат имеется общая тенденция сведения национальных систем координат к Международной земной системе, которая получена и постоянно уточняется с использованием различных технологий в рамках международных геодезических организаций, в которых участвует и Россия. Аналогичная ситуация прослеживается и с согласованием системных шкал времени с единой Всемирной шкалой скоординированного времени.

Особое значение в рамках двусторонних переговоров и консультаций придается определению и реализации новых единых сигналов, которые по возможности должны излучаться всеми навигационными системами. За основу предложено рассмотреть сигналы L1C в диапазоне L1 GPS и L5, а также в диапазоне GPS с кодовым разделением каналов. Такие соглашения достигнуты между GPS и Galileo, между GPS и QZSS, между GPS и IRNSS. Проводятся консультации по этому вопросу между США и Россией в рамках созданной рабочей группы по обеспечению взаимодополняемости. По общему признанию в этом направлении достигнут значительный прогресс, и окончательные решения должны быть приняты уже в этом году.

Отдельное направление в международном сотрудничестве — формирование мирового рынка навигационных услуг, особенно в развивающихся странах, где применение технологий спутниковой навигации может дать значительный эффект в обеспечении устойчивого экономического развития. Для этой цели требуются меры по повышению информированности потребителей о возможностях спутниковой навигации, реализации пилот-проектов, организации семинаров и конферен-

ций, специальных курсов по обучению и подготовке персонала. Большие шаги в этом направлении были сделаны за последние пять лет под эгидой ООН в рамках созданной рабочей группы по спутниковой навигации. Результатом деятельности этой группы явилась рекомендация Генеральной ассамблеи ООН о создании Международного комитета по глобальным навигационным спутниковым системам. Такой международный комитет был создан в 2006 г., а Правительство Российской Федерации приняло решение о вхождении в него России в качестве постоянного члена.

Заключение

В заключение хотелось бы еще раз отметить особую роль средств координатно-временного и навигационного обеспечения как элемента особо важной инфраструктуры государства, обеспечивающей национальную безопасность и экономическое развитие. При этом на современном этапе основу средств координатно-временного и навигационного обеспечения составляют, и будут составлять в ближайшие десятилетия, глобальные навигационные спутниковые системы. Для Российской Федерации основой национальных средств КВНО является система ГЛОНАСС, которая призвана обеспечить национальную "навигационную" безопасность государства и исключить возможность зависимости национальной экономики от зарубежных средств КВНО.

В то же время глобальные навигационные спутниковые системы становятся неотъемлемой частью мировой глобальной инфраструктуры. Это определяет необходимость международной кооперации в области развития и использования средств спутниковой навигации в направлениях обеспечения совместимости и взаимодополняемости глобальных навигационных спутниковых систем и скоординированных действий по их применению. Результатом международного сотрудничества в области спутниковой навигации может быть фактическое создание единой международной ГНСС, состоящей из национальных систем под независимым национальным управлением, которые в части услуг используют единые согласованные стандарты по системам координат, времени и навигационным сигналам. Система ГЛОНАСС совместно с GPS должна составить основу будущей международной системы.

Государственная поддержка и утвержденная программа развития системы ГЛОНАСС позволяют с оптимизмом рассчитывать на ее скорейшее массовое применение как в Российской Федерации, так и на мировом рынке навигационных услуг.