Полнота и оперативность информационного обеспечения в различных сферах государственной и хозяйственной деятельности в значительной степени определяют успешное функционирование производственных и управленческих систем. Особая роль в решении этих задач принадлежит космическим средствам, обладающим уникальными возможностями по глобальности, непрерывности и оперативности информационного обеспечения. С этого номера «ВС» начинает публикацию цикла статей, посвященных развитию и использованию навигационно-информационных технологий в Республике Беларусь.

Открывает тему обзорный материал, посвященный теоретическим основам радионавигации, возможностям, которые предоставляют сигналы глобальных навигационных спутниковых систем.

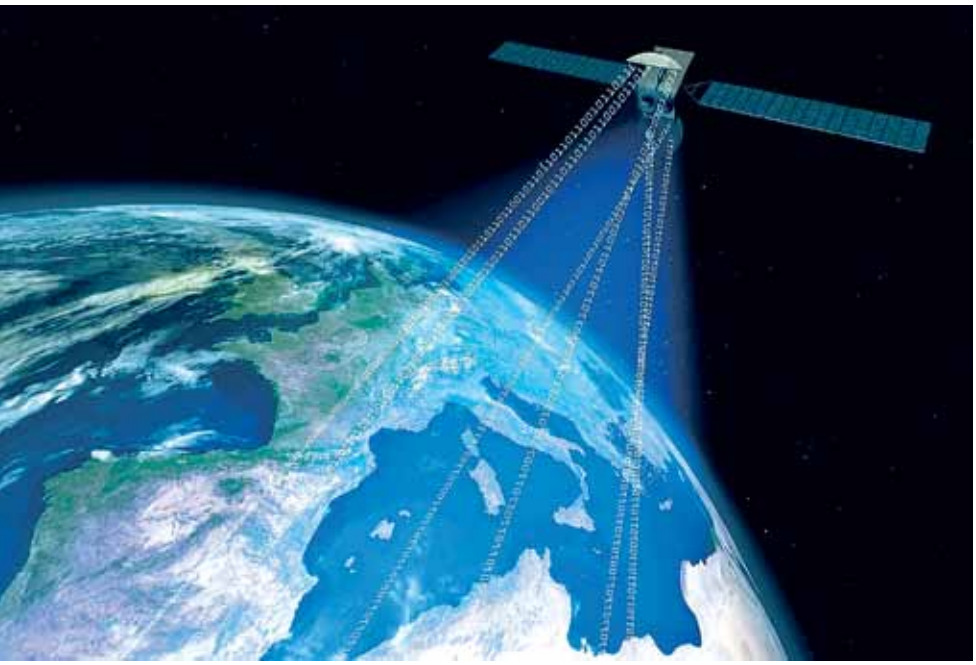
ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ:

реальность и перспектива

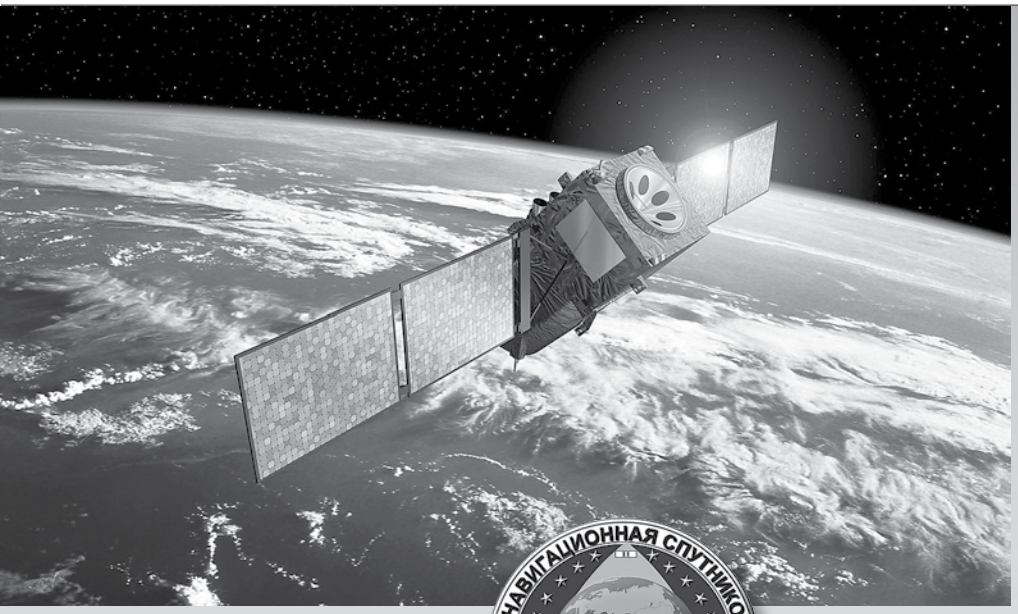
Валерий КИРСАНОВ,
ведущий инженер навигационно-информационного центра
ОАО «АГАТ-системы управления» – управляющая компания
холдинга «Геоинформационные системы управления»

Возможности спутниковой навигации востребованы практически во всех отраслях экономики – от энергетики и связи, где решаются задачи синхронизации и тайминга, до строительства и сельского хозяйства. Как же определяются координаты объекта с помощью сигналов систем спутниковой навигации?

Принцип работы таких систем основан на измерении расстояния от антенны на объекте, координаты которого необходимо получить, до спутников, положение которых известно с большой точностью. Таблица положений всех спутников называется альманахом, которым должен располагать любой спутниковый приемник до начала измерений. Обычно приемник сохраняет альманах в памяти со времени последнего выключения и, если он не устарел, мгновенно использует его. Каждый спутник передает в своем сигнале весь альманах. Таким образом, зная расстояния до нескольких спутников системы, с помощью обычных геометрических построений, на основе альманаха, можно вычислить положение объекта в пространстве.



Метод измерения расстояния от спутника до антенны приемника основан на определенности скорости распространения радиоволн. Для осуществления возможности измерения времени распространяемого радиосигнала каждый спутник навигационной системы излучает сигналы точного времени, используя точно синхронизированные с системным временем



Система **ГЛОНАСС** использует частотный способ разделения сигналов, излучаемых различными спутниками. Сигналы спутников идентифицируются по значению номинала их несущей частоты, лежащей в отведенной полосе частот. Предусмотрены две частотные полосы в диапазонах L1 и L2. Частотная полоса в диапазоне L1 составляет 1602,5625–1615,5000 МГц, а частотная полоса в диапазоне L2 – 1246,4375–1256,5000 МГц. Каждый спутник излучает радиосигналы в обоих диапазонах для реализации двухчастотного способа исключения ионосферной погрешности измерения навигационных параметров. Для массовых потребителей системы ГЛОНАСС все спутники излучают радиосигналы, модулированные дальномерным кодом и служебной информацией, только в диапазоне L1 (общедоступный сигнал стандартной точности – СТ). Наряду с этим в диапазонах L1 и L2 передаются радиосигналы высокой точности (ВТ).

Стратегия развития навигационных сигналов системы ГЛОНАСС в интересах санкционированных пользователей строится исходя из следующих задач и требований:

- сохранение на перспективу не менее 20 лет существующих навигационных сигналов с частотным разделением каналов в частотных диапазонах L1 и L2;
- введение в частотных диапазонах L1, L2, а также в диапазоне L3 (сигнал в этом диапазоне формируется в модернизируемых космических аппаратах «ГЛОНАСС-М» и аппаратах нового поколения «ГЛОНАСС-К». Несущая частота диапазона L3 равна 1202,025 МГц, сигналы в формате CDMA) новых широкополосных навигационных сигналов для специальных пользователей с кодовым разделением и обеспечением гарантированного закрытия сигналов от несанкционированного использования.

Американская система навигации **GPS** функционирует на базе орбитальной группировки спутников NAVSTAR (NAVigation Satellites providing Time And Range – навигационная система определения времени и дальности, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США), состоящей из 24 непрерывно работающих спутников, находящихся на геостационарных орбитах.

В американской системе GPS используется кодовое разделение сигналов CDMA (Code Division Multiple Access), поэтому все спутники излучают сигналы с одинаковой частотой. Каждый спутник системы GPS излучает два фазоманипулированных сигнала. Частота первого сигнала составляет L1 = 1575,42 МГц, а второго L2 = 1227,6 МГц.

В настоящее время происходит замена навигационных космических аппаратов нынешнего стандарта GPS на более новую версию GPS IIF, которая имеет ряд преимуществ, в том числе по устойчивости к помехам, за счет нового сигнала L5 с центральной частотой 1176,45 МГц (115 f0), где f0 = 10,23 МГц; f0 – выход бортового атомного стандарта частоты, с которым когерентно связаны все генерируемые сигналы. Американские специалисты уже сформулировали требования к GPS-III – навигационной системе третьего поколения.

атомные часы. При работе спутникового приемника его часы синхронизируются с системным временем, и при дальнейшем приеме сигналов вычисляется задержка между временем излучения, содержащимся в самом сигнале, и временем приема сигнала. Располагая этой информацией, навигационный приемник вычисляет координаты антенны. Все остальные параметры движения, такие как скорость, курс, пройденное расстояние, рассчитываются на основе измерения времени, которое объект затратил на перемещение между двумя или более точками с определенными координатами.

В настоящее время существуют в полностью рабочем состоянии две глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) – российская ГЛОНАСС (аббревиатура от слов - ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система) и американская GPS (Global Positioning System). В стадии развертывания находятся создаваемая в Европейском союзе система GALILEO и китайская система COMPASS («БЭЙДОУ»).

Европейский союз создает глобальную навигационную систему **GALILEO**. Программа GALILEO разрабатывается с целью обеспечения Европы собственной независимой глобальной навигационной системой и создания конкуренции, в первую очередь с GPS. В составе системы GALILEO запланировано использование 30 спутников (27 операционных и 3 резервных). Космический сегмент будет обслуживаться наземной инфраструктурой, включающей в себя три центра управления и глобальную сеть передающих и принимающих станций.

В системе GALILEO, подобно GPS, используется кодовое разделение сигналов. Система GALILEO в своей работе будет использовать 10 навигационных сигналов с правой круговой поляризацией в диапазоне частот 1164–1215 МГц (диапазоны E5a и E5b), 1260–1300 МГц (диапазон E6) и 1559–1592 МГц (диапазоны E2 – L1 – E1).

Европейское сообщество запланировало предоставление пользователям системы GALILEO четырех навигационных и одного поисково-спасательного (SAR) сервиса. Основной сигнал системы GALILEO, предназначенный для оказания услуги «Открытый сервис» (OS – Open Service) с высоким качеством, состоит из шести различных навигационных сигналов на трех несущих частотах. Технические характеристики OS будут, по крайней мере, такими, какие ожидают получить от модернизации текущего поколения спутников системы и будущей системы GPS III.

С 2000 г. Китай начал создание собственной навигационной спутниковой группировки **COMPASS («БЭЙДОУ»)**. К 2020 г. планируется развертывание глобальной навигационной системы с группировкой в составе 36 космических аппаратов (КА), в числе которых:

- 5 КА на геостационарной орбите;
- 5 КА на наклонной геосинхронной орбите;
- 24 КА на средней околоземной орбите;
- дополнительно 1–3 КА – орбитальный резерв.

Характеристики системы:
точность определения местоположения
(95 % вероятность):
1) в региональной системе: не хуже 20 м;
2) для глобальной системы:
5 м по горизонтали и 5 м по вертикали на территории КНР;
10 м в любой точке на поверхности Земли.
В системе «БЕЙДОУ» используются сигналы в следующих диапазонах:
B1: 1559,052–1591,788 МГц;
B2: 1166,22–1217,37 МГц;
B3: 1250,618–1286,423 МГц.

Китай и Европейский союз до сих пор не достигли окончательной договоренности по вопросам совместимости своих будущих спутниковых навигационных систем, несмотря на продолжающиеся в течение многих лет переговоры по вопросам наложения специальных сигналов системы COMPASS на специальные сигналы PRS системы GALILEO (диапазон L1, центральная частота 1575,42 МГц).

Как ожидается, ГНСС COMPASS будет предоставлять услуги на территории Китая и соседних государств. Китай стремится к сотрудничеству с другими странами в разработке систем спутниковой навигации, чтобы обеспечить взаимодействие COMPASS с другими глобальными навигационными системами.

Любая система глобальной навигации состоит из трех сегментов:

- космического сегмента, в который входит орбитальная группировка искусственных спутников Земли (навигационных космических аппаратов);
- сегмента управления, наземного комплекса управления орбитальной группировкой космических аппаратов;
- навигационной аппаратуры потребителей.

Точность определения местоположения стационарных и мобильных объектов с использованием сигналов от ГНСС за последние 20 лет увеличилась с 25–30 до 3–7 м.

Решение задач определения положения в пространстве и времени становится одной из повседневных функций в процессе как жизнедеятельности отдельных людей, так и функционирования сложных транспортных систем, систем городского хозяйства, мониторинга окружающей среды, в космических исследованиях Земли и околоземного пространства, геодезии, картографии, при разработке месторождений полезных

ископаемых и прокладке коммуникаций, в строительстве, сельском хозяйстве и во многих других областях экономики. Особое место вопросы навигационно-временного обеспечения (НВО) занимают при решении задач обеспечения национальной безопасности, правопорядка, боеготовности вооруженных сил.

Развитие навигационных средств и систем до недавнего времени осуществлялось в республике бессистемно, узковедомственно, что приводило к нерациональному расходованию кадровых, материальных и финансовых ресурсов. С целью осуществления государственного регулирования в сфере навигационной деятельности и комплексного развития всех имеющихся и создаваемых систем навигации по единому плану Советом Министров принято постановление от 4 июля 2011 г. № 902 «Об утверждении концепции создания Единой системы навигационно-временного обеспечения Республики Беларусь».

Реализация данной концепции дала возможность приступить к созданию Единой системы навигационно-временного обеспечения Республики Беларусь (ЕС НВО), развертывание которой обеспечит интеграцию и оптимизацию существующих и перспективных систем и средств НВО с целью повышения эффективности решения задач в области навигационной деятельности. Создается нормативная правовая база в сфере навигации, реализуется ряд проектов в данном направлении. Определен республиканский орган государственного управления – Государственный военно-промышленный комитет Республики Беларусь, осуществляющий государственную политику и регулирование в сфере навигационной деятельности и координацию деятельности других республиканских органов в данной сфере.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10 июня 2015 г. № 478 сетевым оператором в сфере навигационной деятельности определено открытое акционерное общество «АГАТ-системы управления» – управляющая компания холдинга «Геоинформационные системы управления».

В следующих статьях тематического цикла планируется дать информацию о созданных нормативных правовых документах в Республике Беларусь, задачах и функциях сетевого оператора в сфере навигационной деятельности, а также перспективах развития навигационных технологий.

ОАО «АГАТ-системы управления» – управляющая компания холдинга «Геоинформационные системы управления» – это многопрофильная организация, одна из ведущих в Республике Беларусь по созданию автоматизированных систем управления общего и специального назначения, беспилотных авиационных комплексов, систем видеонаблюдения, систем навигации и мониторинга транспорта, систем жизнеобеспечения и электропитания, технических средств, контрольно-измерительных приборов.

Сильной стороной научно-технической политики Общества в развитии проектирования и производства является беспрецедентное техническое перевооружение предприятия. Созданы десятки моделирующих центров, оснащенных самой современной компьютерной техникой с использованием передовых информационно-коммуникационных технологий как своей, так и зарубежной разработки, имеется хорошо оснащенная испытательная база. В Обществе создана уникальная методология разработки больших интегрированных систем управления, освоены и применяются новейшие технологии, которые на Западе относят к «критическим» («ключевым»).

Имея в своем активе серьезные научно-технические заделы, Общество освоило новые мировые информационные технологии и успешно применяет их при создании своей продукции наряду с собственными высокими технологиями, что позволяет создавать продукцию, конкурентную на мировом рынке.

В рамках проведенной реорганизации Общества создан навигационно-информационный центр, отвечающий за создание и функционирование Единой системы навигационно-временного обеспечения Республики Беларусь, а также региональных, отраслевых и пользовательских систем навигационно-временного обеспечения.

Разрабатываемые в Обществе изделия во многом уникальны и не имеют аналогов в государствах СНГ и за рубежом. Они конкурентоспособны на мировом рынке и приносят Республике Беларусь стабильный доход.

В числе основных заказчиков Общества – страны с высоким уровнем развития промышленных и военных технологий. Основные потребители продукции, работ и услуг Общества – министерства и ведомства, органы муниципального управления, крупные предприятия и организации различной формы собственности Республики Беларусь, стран СНГ (Российская Федерация, Республика Казахстан, Республика Азербайджан, Украина), Азиатского региона, государств Арабского мира и ряда стран Европейского союза.