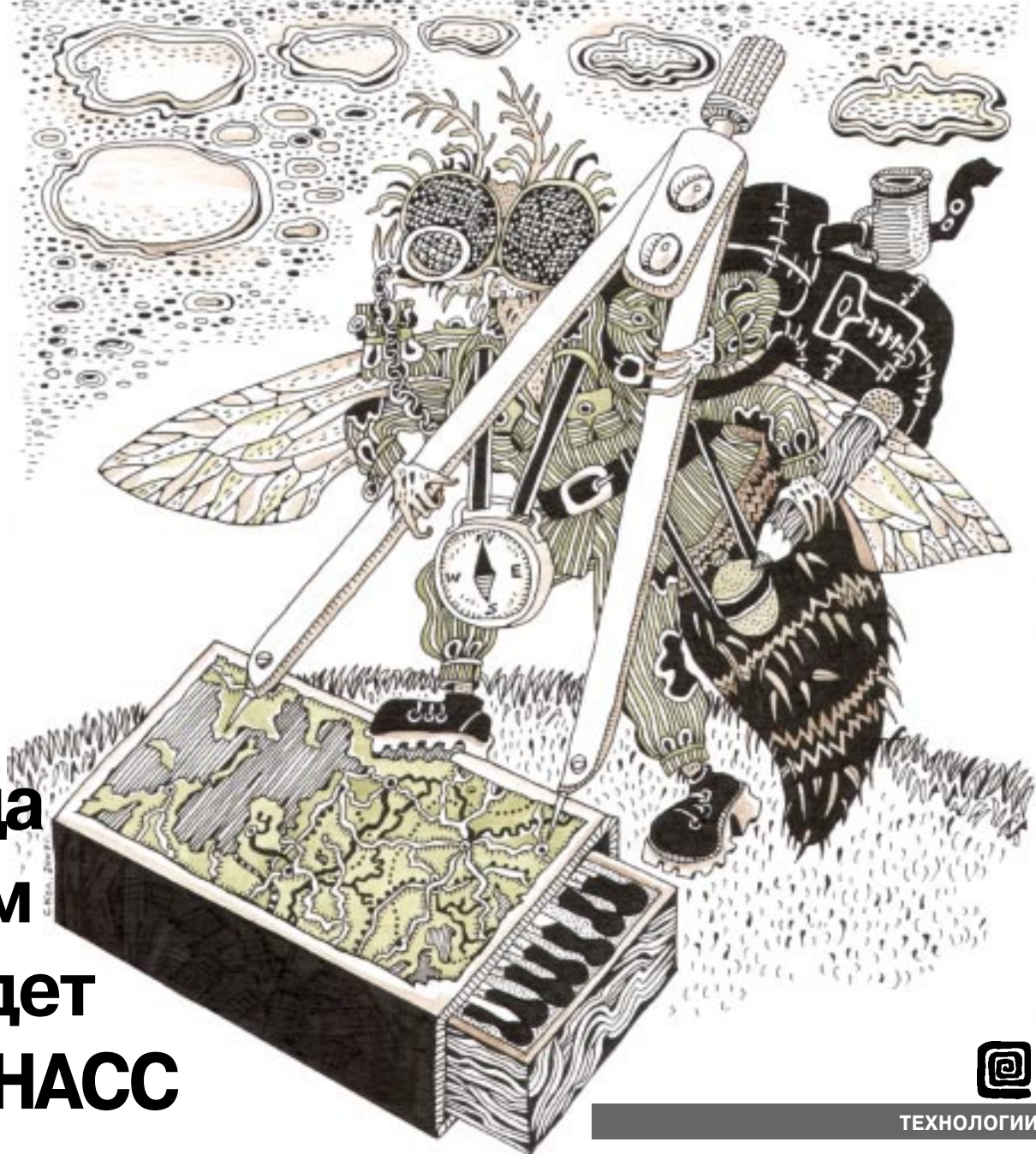


Когда к нам придет ГЛОНАСС



ТЕХНОЛОГИИ

Действительный академический советник
Академии инженерных наук РФ
Ю. И. Зайцев

Для того чтобы определить свое место на поверхности Земли, человек издавна смотрел на звезды. Теперь он смотрит на спутники глобальной системы навигации, точнее, принимает сигнал от этих спутников. Чтобы определять все три координаты плюс высоту над уровнем моря, причем делать это в любой точке земного шара, навигационная система должна состоять не менее чем из 24 спутников. 18 спутников позволяют покрывать лишь часть глобуса, например давать круглосуточную навигацию по территории России. Самая совершенная (и, по сути, единственная) на сегодня глобальная система навигации — американская GPS — дает возможность любому путешественнику узнать свои координаты с точностью до метра. Однако скоро ее монопольное положение может быть нарушено...

Приемник для координат

Космические аппараты навигационной спутниковой системы движутся по орбитам с периодом обращения 12 часов и каждую миллисекунду передают на Землю сообщения о своем статусе, текущей дате, времени, а также точное время отправления всей совокупности сообщений. Приемник пользователя на основе этой информации, используя триангуляцию, то есть разбивку окружающего пространства на смежно расположенные треугольники, вычисляет точное местоположение космического аппарата. По сути, приемник сравнивает время, переданное спутником, со временем, когда эта информация была получена. Разница говорит о том, как далеко находится спутник. Измерив расстояние еще до нескольких спутников, приемник вычисляет свое местоположение в земных координатах и отображает его на электронной карте.

Для определения широты и долготы необходимо принять сигналы по крайней мере от трех спутников. Имея в поле зрения четыре космических аппарата, приемник может вычислить еще и высоту над уровнем моря. Как только положение будет определено, система сможет

давать и другую информацию: скорость, курс, расстояние от исходного пункта до места назначения, время восхода и захода Солнца, а также некоторые другие параметры.

GPS

Американская глобальная система позиционирования GPS (Global Positioning System), известная также под названием NAVSTAR (Navigation Satellite Time and Ranging — навигационный спутник измерения времени и координат), появилась в феврале 1978 года. Именно тогда первые ее четыре спутника были запущены на орбиту. Хотя систему создавали для Министерства обороны США, с самого начала планировали ее широкое применение в гражданской сфере. По мысли американских военных, привлечение «цивильных» пользователей должно было сделать систему самокупаемой.

Конечно, приоритет был и остается за военными, и навигационные приемники разрабатывали прежде всего в интересах вооруженных сил США. К концу прошлого века Пентагон приобрел несколько сотен тысяч приемников, почти половина из которых были карманными. Но уже с 1980-х годов началась свободная продажа серийных GPS-приемников для гражданских пользователей. Сегодня свыше сотни частных компаний разрабатывают и делают такие приемники, число типов которых превышает две сотни. Рынок пользователей американской системы стремительно расширяется и захватывает все новые и новые страны. Параллельно GPS-технологии проникают в геофизику, сейсмологию, системы контроля за стабильностью инженерных сооружений, фундаментальную геодезию и прикладные геодезические исследования. Свободный доступ к точной навигационной информации совершенно изменил составление земельных кадастров, разработку геоинформационных систем и сказался на некоторых других сферах человеческой деятельности.

Емкость мирового рынка GPS-технологий и услуг сейчас составляет более 15 млрд. дол. в год. В ближайшие пять лет ожидается его увеличение до 25 млрд. дол., в первую очередь за счет гражданских индивидуальных и корпоративных пользователей. При этом контролировать систему, как и раньше, будут военные. Пока что эта политика себя полностью оправдывает. Например, по данным Министерства торговли США, 5% GPS-приемников используется для решения прикладных задач в авиации, 2% — на морском транспорте, 2% — в вооруженных силах. Остальные задействованы для контроля за движением наземного транспорта, перемещением грузов, в производстве, геодезии и в быту — вплоть до слежения за перемещениями детей и домашних животных. Ежегодно Минобороны США, под эгидой которого функционирует GPS, вносит в государственную казну миллиарды долларов.

Принцип «трех Р» и его последствия

При коммерческом использовании GPS американцы руководствуются принципом «трех Р»: Preservation — сохранение качества услуг, предоставляемых гражданским пользователям за пределами театра военных действий; Protection — защита военной навигации в боевых действиях; Prevention — предотвращение использования GPS вероятным военным противником. «Предотвращение» в данном случае подразумевает возможность выборочного отклонения или искажения спутниковых сигналов на определенных территориях. С этим последним «Р» довелось столкнуться российским авиаторам в Чечне. Вертолетчики, например, заметили, что при выполнении боевых заданий

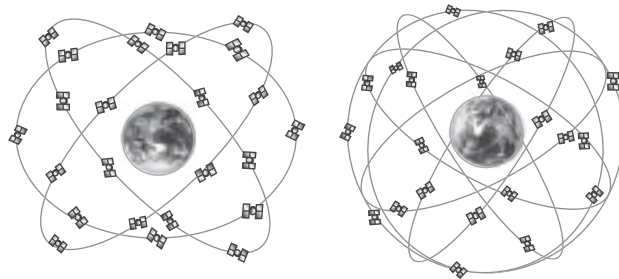
над Терским хребтом навигационные приемники «вдруг» переставали ловить сигналы американских спутников и выключались. И еще одно наблюдение: как только боевые действия против бандформирований становились активнее, тут же возрастала погрешность, выдаваемая «джипиз». «Ошибки» в определении координат порой доходили до 800 м и более, при заявляемой американцами точности в считанные метры. А надо сказать, что точность, даваемая навигационной системой, играет определяющую роль при спутниковом наведении высокоточного оружия.

Впрочем, как оказалось, данные, передаваемые спутниками, может исказить не только владелец навигационной системы. Статистика гласит: в операции «Буря в пустыне» (1991) GPS использовался для наведения 9% высокоточных бомб и ракет, в войне против Югославии (1999) — уже 75% и в очередной, против Ирака (2003), — 90%. Тем не менее американские военные не раз разводили руками, пытаясь понять, почему летали мимо цели их «томагавки». Причина, оказывается, простая: навигационные сигналы можно «глушить» и умное оружие со спутниковым наведением слепнет.

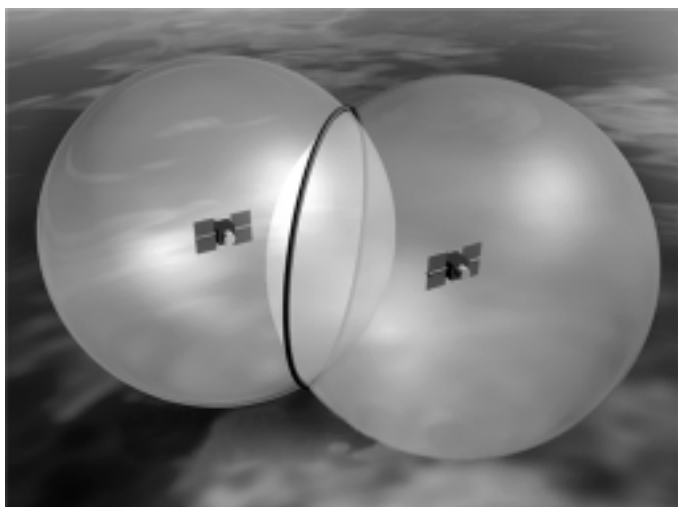
В 1997 году на Международном авиационно-космическом салоне (МАКС-97) в городе Жуковском специалисты отечественного предприятия «Авиаконверсия» продемонстрировали портативные передатчики помех для подавления приемников GPS (jammers). Излучаемые ими сигналы поступают на вход навигационных приемников вместе с сигналами от спутников. В результате приемники прекращают определять текущее местоположение объекта и выдают потребителю последние координаты перед началом помех. Российская разработка вызвала сенсацию в мире и ужас среди военных пользователей. Стало очевидным, что ни одна спутниковая навигационная система не уживется на «чужих» территориях, а технология jammers — наиболее эффективное и экономичное средство противодействия.

Поэтому перед каждой технически развитой страной встала задача: создать собственную систему навигации, чтобы ни от кого не зависеть в столь важном деле, как управление современным оружием. Сегодня помимо США работы по навигационным космическим системам ведут ученые Китая, Индии, Японии. Европейские страны также активно разрабатывают систему «Galileo» — они не хотят полагаться на нечто управляемое из-за океана. Принятая европейцами конфигурация группировки должна покрыть всю территорию планеты и решать навигационные задачи для любых подвижных объектов с точностью до одного метра.

В декабре 2005 года с космодрома Байконур ракета-носитель «Союз-ФГ» вывела первый из двух спутников, предназначенных для испытаний технологий, которые разработаны для европейской системы. Следующий пуск из-за финансовых проблем состоится только в 2009 году, хотя планировалось, что орбитальная группировка будет полностью развернута к 2008 году. Для специалистов с



В отечественной системе ГЛОНАСС 24 спутника будут распределены по трем орбитам (слева), а в американской GPS — по шести (справа)



Алгоритм расчета координат при спутниковой навигации работает примерно так. Если построить вокруг спутника сферу, радиус которой равен расстоянию между ним и приемником, то приемник окажется на этой сфере. Но в какой точке? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно взять второй спутник, измерить расстояние до него и построить еще одну сферу. Она пересечется с первой по окружности. Такая же сфера, построенная вокруг третьего спутника, пересечется с этой окружностью в двух точках. Одна из точек и даст координаты приемника



ТЕХНОЛОГИИ

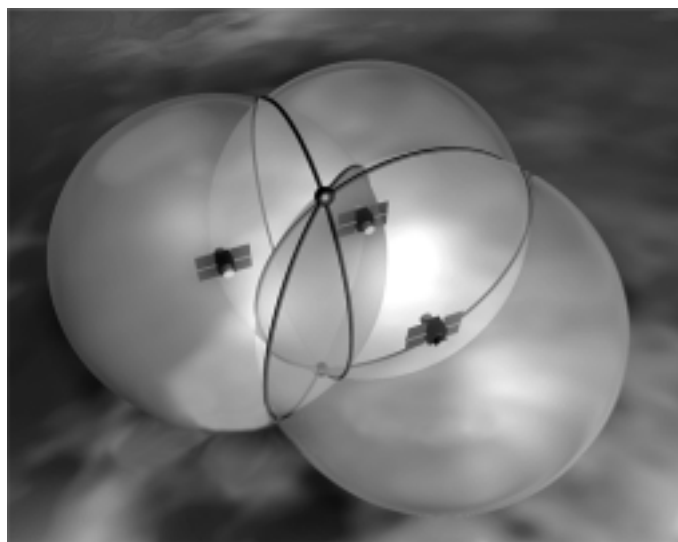
на экваторе спутники проходили через зону видимости в среднем через 1,5 часа. Наконец, из-за того, что в сеансе порой использовался лишь один космический аппарат, для построения схемы триангуляции приходилось ждать, пока он отойдет на значительное расстояние. В итоге измерения могли продолжаться 16 минут.

Мучительное рождение ГЛОНАСС

ГЛОНАСС изначально проектировали свободной от всех недостатков систем-предшественников. Главным требованием для нее стало обеспечение потребителю возможности определения трех пространственных координат (широты, долготы и высоты), вектора скорости и точного времени. Для этого орбитальная группировка должна насчитывать не менее 18 космических аппаратов. В дальнейшем их число решили увеличить до 24, что позволяло бы выбирать из числа видимых спутников четверки, обеспечивающие наивысшую точность.

Летные испытания ГЛОНАСС начались в октябре 1982 года запуском на ракете-носителе «Протон» первого аппарата «Ураган» и двух его габаритно-массовых макетов (ГММ). Работающие спутники пришлось заменять макетами потому, что не была готова электроника, а ракета, которая должна нести расчетную нагрузку, не может вывести один спутник вместо положенных трех. В последующих шести пусках на орбиту выводили по два штатных аппарата и одному ГММ, то есть треть грузоподъемности ракеты-носителя расходовалась впустую. Лишь с восьмого запуска в сентябре 1986 года на орбиту стали выводить по три штатных спутника за раз. К апрелю 1991 года система была готова для ограниченного использования (12 аппаратов в двух плоскостях), и в сентябре 1993 года ее приняли на вооружение в составе 18 спутников. В декабре 1995 года, после 27-го запуска «Протона-К» с тремя «Ураганами», систему наконец развернули в штатной конфигурации из 24 космических аппаратов. И почти сразу она стала потихоньку «сыпаться»: старые спутники, отработав свой гарантийный ресурс, выходили из строя, а на запуск новых не было средств. К декабрю 1998 года последние три спутника перешагнули трехлетний гарантийный срок, и вся орбитальная группировка ГЛОНАСС оказалась загарантированной. Для поддержания ее работы в декабре 1998 года, октябре 2000 года и декабре 2001-го на орбиту вывели еще девять аппаратов. В результате в конце 2001 года в ГЛОНАСС вместо штатных 24 спутников работало всего шесть. Система оказалась столь недееспособной, что к ней не стали привязывать первые мобильные ракетные комплексы «тополь».

В общей сложности с октября 1982 года и до середины 2007 года было запущено 90 космических аппаратов семейства «Ураган». Из них шесть оказались на нерасчетных орбитах и по назначению не работали. Кроме того, в первых семи пусках на ракетах-носителях устанавливалось по одному габаритно-массовому макету. В состав орбитальной группировки входят также два пассивных



самого начала этот срок выглядел достаточно сомнительным. По западным оценкам, стоимость европейской системы составит примерно 4 млрд. евро. По данным из других источников, на ее разработку и развертывание потребуется 10 млрд. — сумма весьма существенная даже для объединенной Европы. Важно отметить, что в отличие от американской GPS и российской ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система) «Galileo» будет решать исключительно гражданские задачи.

«Циклон», предок ГЛОНАСС

ГЛОНАСС представляет собой второе поколение спутниковых навигационных систем, созданных в СССР и РФ. Систему первого поколения — навигационно-связную «Циклон-Б» на базе спутников «Парус» — Советская армия приняла на вооружение в 1976 году. Ее использовали только в интересах Министерства обороны. Спустя два года в эксплуатацию была сдана радионавигационная система «Цикада» в составе четырех аппаратов, предназначенная главным образом для навигации морских судов. Погрешность определения координат у этих систем была 80—100 метров, что мало соответствовало запросам потенциальных потребителей, нуждавшихся в высокоточной привязке своего положения.

Другим недостатком первых отечественных навигационных систем было отсутствие глобальности. Например,

аппарата «Эталон», которые предназначены для уточнения моделей орбитального движения спутников системы. На них нет аппаратуры, которую можно использовать для навигации.

Закон против ГЛОНАСС

По оценкам, сделанным в 1997 году, на развертывание ГЛОНАСС было потрачено почти 2,5 млрд. дол., при этом ее практически так и не использовали. С самого начала систему создавали исключительно для военных целей. И только по мере изучения опыта работы GPS в США встал вопрос о гражданском применении российской системы. К сожалению, его решение свелось не к развертыванию массового производства приемной навигационной аппаратуры, а к бесконечным совещаниям в правительстве и слушаниям в Думе о «национальном достоянии России — Глобальной навигационной системе». Даже после объявления ГЛОНАСС системой двойного назначения мало что изменилось. По-прежнему разработкой наземной навигационной и геодезической аппаратуры занимался лишь ограниченный круг предприятий военно-промышленного комплекса. Они не смогли обеспечить серийный выпуск надежной и конкурентоспособной наземной аппаратуры не только для гражданских, но и для военных пользователей. Совершенно недостаточной была и поддержка научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по развитию ГЛОНАСС-технологий со стороны «хозяев» системы — Министерства обороны и Росавиакосмоса. В результате российский рынок стали заполнять наземные приемники конкурирующей американской GPS.

Значительный урон нанесло ГЛОНАСС и действовавшее в России законодательство, согласно которому разработка, приобретение и использование наземной аппаратуры ГЛОНАСС и GPS без специального разрешения были запрещены, а рядовой гражданин получить такое разрешение не мог: данные о координатах наземных объектов на территории РФ точнее 30 м считались секретными. Все это лишило ГЛОНАСС поддержки со стороны гражданских потребителей. Бремя финансирования системы целиком легло на военное ведомство, которое при резком сокращении бюджета не смогло поддерживать в необходимом составе орбитальную группировку.

ГЛОНАСС сегодня и завтра

Возможно, ГЛОНАСС совсем умерла бы, но Россия договорилась с США о совместном использовании национальных навигационных систем. Дополняя одна другую, они могут вместе давать более точную навигационную информацию, чем каждая по отдельности. Да и Европейский союз, планируя создание «Galileo», для повышения точности измерений намерен использовать данные от американских и российских спутников. Видимо, эти международные программы и не дали российскому правительственному и космическому руководству совсем забыть об отечественной навигационной системе: развитию, а по существу, ее воссозданию, в 2001 году был придан статус национальной программы. Она предусматривала разработку и испытания космических аппаратов нового поколения со сроком службы 7 лет («Ураган-М») и затем 10–12 лет («Ураган-К»), а также модернизацию наземного комплекса управления системой.

В 2003 году был изготовлен и запущен первый модернизированный «Ураган-М». Эксплуатация этих аппаратов рассчитана на период 2003–2015 годов. Всего предполагается запустить 16 спутников. Гражданским пользователям они обеспечат значительное улучшение точности определения координат, поскольку транслируемые ими

сигналы с кодом стандартной точности передаются помимо основного частотного диапазона и на так называемой второй навигационной частоте. Аналогичный шаг предприняли и США на своем модернизированном спутнике GPS. Причем первый такой американский аппарат стартовал на два года позже «Урагана-М».

В 2009–2010 годах планируется начать запуски спутников «Ураган-К», которые разрабатывают на базе новой негерметичной платформы «Экспресс—1000». У этих аппаратов будет еще один (третий) гражданский канал. В составе его сигнала станет передаваться информация о целостности навигационной системы и дифференциальные коррекции к эфемеридам и часам, что обеспечит точность глобальной навигации лучше 1 м (региональной — лучше 5 см) в реальном времени для мобильных потребителей.

В качестве дополнительной полезной нагрузки на «Ураган-К» предполагается устанавливать аппаратуру системы поиска и спасения КОСПАС/SARSAT.

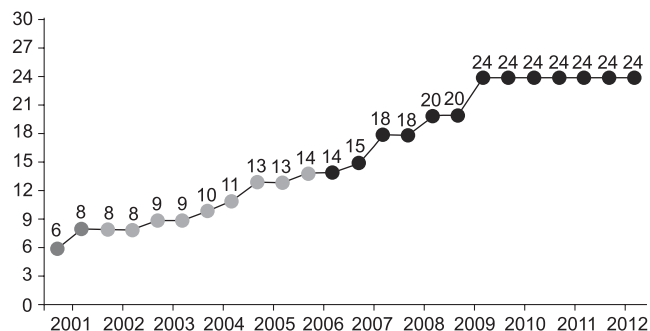
Вес «Урагана-К» примерно в два раза меньше, чем у «Урагана-М». Значит, запускать его удастся не тяжелым и дорогим «Протоном», а новой ракетой-носителем среднего класса «Союз-2», причем сразу по два спутника в одном пуске, в том числе и с российского космодрома в Плесецке. Всего предполагается вывести на орбиту до 27 таких аппаратов, которые станут работать примерно до 2025 года.

Задачи на сегодня

Надо заметить, что до этого ни одна космическая программа России не удостоивалась такого внимания руководства страны. Даже участие в создании Международной космической станции и полеты к ней российских пилотируемых кораблей входят лишь составной частью в Федеральную космическую программу.

Объем финансирования ФЦП «Глобальная навигационная спутниковая система» на 2002–2011 годы был запланирован в сумме 23 млрд. руб., в том числе 12 млрд. руб. (51,8%) из госбюджета, а остальные — из привлеченных внебюджетных средств. В июле 2006 года Роскосмос и Министерство обороны представили правительству проект изменений в программе на период 2007–2011 годов. Стоимость программы в целом утроилась и составила 70 с лишним млрд. руб. На 2007 год было запрошено и получено почти 10 млрд. руб. — в два с лишним раза больше, чем в 2006 году. Ожидаемое внебюджетное финансирование в этом году должно составить 1,9 млрд. руб.

Самое важное сейчас — восстановить орбитальную группировку, но если решать эту задачу в отрыве от массового производства аппаратуры потребителей, то огромные затраты на создание и запуск новых космических



Число работоспособных спутников системы ГЛОНАСС на околоземных орбитах

аппаратов, как и ранее, оставались бы бессмысленными. Поэтому были сняты все ограничения на разработку, изготовление, приобретение и использование на территории России наземной приемной навигационной аппаратуры пользователя. Привлечение гражданских индивидуальных и корпоративных пользователей навигационных услуг ГЛОНАСС, причем не только в России, но и из других стран, дает возможность значительно расширить клиентскую базу, а значит, и увеличить источники финансирования российской системы. При этом ГЛОНАСС должна стать доступной не только для субъектов экономики, но и прежде всего для рядовых граждан. То есть пойти по тому же пути, что GPS.

В 2005 году и особенно в 2006-м появилось много решений, связанных с ускорением работы по ГЛОНАСС. Президент РФ В.В.Путин потребовал, чтобы орбитальная группировка из 18 космических аппаратов, обеспечивающих непрерывное оказание навигационных услуг на территории России, была создана до начала 2008 года. К 2009 году (вместо 2011-го, как планировалось ранее) орбитальная группировка должна достичь численности 24 аппарата, с тем чтобы обеспечить постоянную навигацию по всему земному шару. Модернизация наземного комплекса управления должна закончиться в 2011 году. В этом случае по точности и надежности ГЛОНАСС выйдет на уровень GPS и будет соответствовать заявленным характеристикам европейской «Galileo». Президент поручил обеспечить массовое производство навигационной аппаратуры для конечных пользователей и развитие массового рынка навигационных услуг.

В ноябре 2006 года на совещании у В.В.Путина первый вице-премьер С.Б.Иванов заявил, что с 1 января 2007 года Генштаб снимает все ограничения на точность определения координат, «чтобы вся система ГЛОНАСС начала работать на развитие экономики и транспорта». Иванов также сообщил: «На сегодняшний день на орбите находятся 14 космических аппаратов. Таким образом, осталось запустить к концу 2007-го — четыре и к 2009 году — 10 аппаратов».

К сожалению, это не совсем верно. Самый старый из действовавших в системе на конец 2006 года аппаратов (с трехлетним сроком активного существования) отработал к тому времени уже два полных срока своего ресурса, а самый молодой — год. К концу 2008 года все старые аппараты будут иметь полное право перестать работать. Поэтому до конца 2009 года необходимо запустить не 10, а 17 спутников, которые присоединятся к четырем работающим в системе (их четыре, считая три выведенных на орбиту в декабре 2006 года) модернизированным аппаратам «Ураган-М». Запуск шести спутников запланирован на 2007 год. Остальные — в последующие два года, что представляется достаточно трудноосуществимым. Кроме того, запустить аппараты в космос — только часть задачи: их нужно еще и включить в работу, а на это уходит много времени («рекорд» — восемь месяцев). Но даже если ГЛОНАСС укомплектуют 24 спутниками, можно ли будет использовать ее в глобальном масштабе?

В GPS, как и в ГЛОНАСС, 24 штатных спутника, но есть еще и пять резервных. В перспективе в американской системе число рабочих аппаратов планируется довести до 48 плюс несколько резервных. В российской резервных аппаратов не предусмотрено. При этом часть спутников регулярно выводятся на плановое и внеплановое обслуживание. Фактически с 1995 года, когда ГЛОНАСС была впервые развернута до штатной численности, она ни одного дня не функционировала в полном составе, а значит, ни о какой глобальности речи быть не может.

Другая проблема: при численности в 24 аппарата для наземного наблюдателя один из спутников будет нахо-



ТЕХНОЛОГИИ

диться над самым горизонтом и может быть недоступен для навигации. При 18 спутниках ГЛОНАСС обеспечит работу только экипажей кораблей в открытом море и самолетов в небе. Для большинства других пользователей ожидание может составить до двух часов и более.

Как следствие, рынок навигационного сервиса в России сегодня практически полностью принадлежит американской GPS, и вряд ли ситуация изменится в ближайšie 5—10 лет. По заявлению министра транспорта И.Е.Левитина, только около 1200 летательных аппаратов российских авиакомпаний из 5000 оснащены навигационной аппаратурой. При этом 92% ее замкнуты на GPS и лишь 8% — на ГЛОНАСС.

Конечно, государство может ввести ограничения на ввоз и продажу устройств с поддержкой GPS. С таким предложением выступило, в частности, Министерство промышленности. Однако зарубежные изготовители и поставщики всегда найдут способ обойти эти запреты. Да и регулировать рынок при помощи ограничений было бы ошибкой.

Развитие отечественной навигационной системы сегодня курирует первый вице-премьер С.Б.Иванов. Ею же занимаются Космические войска и Роскосмос. При этом, как справедливо заметил В.В.Путин, никто конкретно не отвечает за конечные результаты и, в частности, за наземный сегмент системы, а выпуск пользовательской аппаратуры в необходимом количестве так и не налажен. Как поясняет командующий Космическими войсками России генерал-полковник В.А.Поповкин, к концу 2009 года может быть развернута только орбитальная составляющая системы, но не ее наземный сегмент и не производство пользовательских терминалов.

Ситуация очень напоминает историю системы поиска и спасения КОСПАС/SARSAT. Эта система была создана по инициативе и при активном участии Советского Союза. Ее космический сегмент развернули в полном составе еще в 1995 году, а вот оснащение потребителей аппаратурой пустили на самотек. В настоящее время в мире используется приблизительно 700 тысяч аварийных радиобуев. В России же счет количества воздушных судов, оснащенных ими, идет на десятки и лишь в последние годы — на сотни. Как и раньше, где-то в тайге или тундре падает самолет, и его не могут найти месяцами.

Необходимо смириться с мыслью, что ГЛОНАСС может быть полностью введена в эксплуатацию не ранее 2010—2011 годов, а разговоры о 18 спутниках вообще следует прекратить: в России сегодня такая «усеченная» группировка почти никому не нужна. Правильнее было бы не форсировать события, а сначала развернуть наземную составляющую системы, усовершенствовать «борт» и уже после этого наращивать орбитальную группировку аппаратами с увеличенным ресурсом работы.

