

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОАО «РИРВ» — ДВОЙНОЙ ЗАПАС ТОЧНОСТИ

Б.Б. Тикко («Российский институт радионавигации и времени», Санкт-Петербург)

В 1983 г. окончил математико-механический факультет Ленинградского государственного университета по специальности «математика». После окончания университета работал в Ленинградском научно-исследовательском радиотехническом институте (в настоящее время — ОАО «Российский институт радионавигации и времени»), с 1996 г. — в ЗАО «Фирма «Котлин», с 1999 г. — ДГУП НПЦ спутниковых координатно-временных технологий «Котлин» ФГУП РИРВ. С 2001 г. работает в ОАО «Российский институт радионавигации и времени», в настоящее время — начальник лаборатории прецизионных средств координатно-временного обеспечения.

Фазовые технологии спутниковых измерений позволяют с сантиметровой точностью определять взаимное положение объектов, удаленных на десятки и сотни километров друг от друга, благодаря чему находят широкое применение в геодезии, землеустройстве, строительстве и во многих других смежных с ними областях науки и техники [1, 2].

Работы по созданию геодезической спутниковой аппаратуры были начаты Российским институтом радионавигации и времени (РИРВ) еще в конце 1980-х гг., однако впервые освоить ее серийное производство удалось только в 1995–1998 гг. в сотрудничестве с компанией Leica Geosystems (Швейцария). Одночастотная 6-ти канальная GPS-аппаратура «Землемер-Л1», а затем и 12-ти канальная — «Землемер-Л1М» обеспечивали определение приращений координат и длин линий со средней квадратической погрешностью (СКП) $2 \text{ см} + 2 \text{ ppm}$. В 1995–1998 гг. было изготовлено порядка 200 комплектов указанной аппаратуры, некоторые из них эксплуатируются в настоящее время.

В 2000–2003 гг. в институте на основе собственных технологий была разработана спутниковая ГЛОНАСС/GPS геодезическая аппаратура «ГЕО-161» [3], которая по критерию «качество-стоимость» не уступала лучшим за-

рубежным аналогам в своем классе. С 2004 г. по 2008 г. в РИРВ велось ее серийное производство, было выпущено около 450 приемников.

С 2005 г. в институте освоено производство ряда новых геодезических приборов, разработанных в рамках ФЦП «ГЛОНАСС», в том числе двухчастотных, среди которых приемники ГНСС «Геодезия», «ГККС» и «Изыскание».

▼ Геодезический приемник ГНСС «ГЕО-161»

Основой приемника «ГЕО-161» является совмещенный ГЛОНАСС/GPS одночастотный приемоизмерительный модуль, разработанный институтом, имеющий 16 универсальных каналов слежения за космическими аппаратами ГНСС. В стандартном режиме работы приемник проводит одновременные измерения по сигналам спутников систем ГЛОНАСС и GPS, но может быть переключен и на работу по любой из этих систем в отдельности. Он позволяет выполнять основные виды измерений, включая режим навигации, без использования внешнего контроллера.

СКП измерения длин линий зависит от их протяженности и условий наблюдения и составляет от $5 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$ до $10 \text{ мм} + 2 \text{ ppm}$.

Конструктивно приемник выполнен в виде моноблока

(рис. 1), объединяющего микрополосковую антенну, приемоизмеритель, накопитель данных, панель управления и аккумуляторную батарею. Достоинством такой конструкции является отсутствие кабельных соединений, что, несомненно, удобно для работы в полевых условиях.

Приемник разрабатывался в расчете на реальные погодноклиматические условия эксплуатации в России. Он имеет высокую ударопрочность и может работать (включая встроенные батареи) в температурном диапазоне от -30°C до $+55^\circ \text{C}$ (а в специальном исполнении от -40°C до $+60^\circ \text{C}$).

Благодаря небольшой потребляемой мощности (в среднем 2,3 Вт) длительность работы приемника без подзарядки аккумулятора составляет 11–13 часов. Емкость внутренней памяти и оригинальный алгоритм сжатия



Рис. 1
Внешний вид приемника ГНСС «ГЕО-161»



Рис. 2
Окно навигации ПО GEOGuide

данных обеспечивают их регистрацию с дискретностью 1 с до 10 часов, а при дискретности 10 с — до 3–5 рабочих дней.

Управление приемником осуществляется при помощи расположенной на его корпусе панели с набором светодиодных индикаторов и псевдосенсорных кнопок. Контроль работы приемника обеспечивается при помощи световой и звуковой индикации.

Программное обеспечение (ПО) GEOGuide (рис. 2), разработанное для внешнего контроллера, в качестве которого может использоваться КПК, позволяет реализовывать большой набор дополнительных функций: ввод и редактирование имен снимаемых точек, высоты установки антенны приемника, оперативное управление параметрами сбора данных, навигацию по заданному маршруту (в том числе с использованием электронных векторных карт) и т. д. Дополнительная утилита EdRoutes позволяет осуществлять подготовку маршрутов и преобразование цифровых карт (обменных форматов SXF и MIF), а также их загрузку в КПК.

Настройка приемника, ввод сценариев работы, а также выгрузка накопленных измерений осуществляется в камеральных условиях при помощи интерфейсного ПО [4].

Реализована возможность самостоятельного обновления программного обеспечения при-

емника пользователем. Поддерживается режим автоматической регистрации и передачи данных, поэтому приемник может быть использован в качестве постоянно действующей базовой станции, размещаемой, например, на крыше здания. В качестве выходного формата данных, как и в приемнике «Землемер», используется формат BL DataSet.

В 2004 г. аппаратура была сертифицирована Госстандартом России.

В то же время на основе навигационной аппаратуры НТ101М разработана спутниковая базовая станция «СБС161» с геодезической антенной, предназначенная для стационарного использования, в том числе совместно с «ГЕО-161».

▼ Программное обеспечение для обработки спутниковых измерений

Разработанные для поддержки работы геодезической аппаратуры программные средства серии BL for Windows ориентированы на обработку результатов измерений как спутниковыми приемниками производства РИРВ, так и одно- и двухчастотными геодезическими приемниками ГНСС (ГЛОНАСС/GPS или GPS) других производителей [5]. Программы позволяют обрабатывать данные, полученные в различных режимах измерений: «статика», «быстрая статика», «истинная кинематика» (с инициализацией), «кинематика-на-лету» (без инициализации), «стой/иди» (Stop-and-Go) и «ре-окупация».

Алгоритмы разрешения фазовой неоднозначности позволяют быстро получить высокоточные определения пространственных координат измеряемых точек, расположенных на расстоянии до 100 км и более от базовой станции, в том числе с использованием точных эфемерид в формате SP3.

Организация обработки данных сочетает высокую степень автоматизации с широкими возможностями редактирования данных и участия в процессе обработки

пользователя. Наряду со стандартными возможностями обработки предусмотрен обширный набор средств для решения задач в неблагоприятных условиях.

Программное обеспечение позволяет решать типовые задачи уравнивания координат пунктов геодезических сетей, а также перевычислять координаты и высоты пунктов в другие системы координат.

Базы данных создаваемых проектов основаны на использовании стандартных таблиц Paradox и полностью открыты. В результате ПО можно легко дополнить новыми утилитами, разработанными пользователями. Это открывает возможность дальнейшего расширения его функций для специальных применений.

▼ Одночастотный приемник ГНСС «Геодезия»

Спутниковый приемник «Геодезия» разработан РИРВ по ФЦП «ГЛОНАСС» на основе базовых модулей, также созданных в рамках этой программы. Конструктивное решение приемника моноблочное и во многом похоже на «ГЕО-161» (рис. 3). В то же время в нем улучшен ряд технических и эргономических характеристик, снижено энергопотребление и масса, увеличено время автономной работы.

Результаты испытаний аппаратуры «Геодезия» подтвердили, что СКП измерений не превосхо-



Рис. 3
Внешний вид приемника ГНСС «Геодезия»

дит 5 мм + 1 ppm в плане и 10 мм + 2 ppm по высоте, а при измерении геодезических азимутов — 0,5–1".

Испытания на аттестованном базисе института, длиной 25 м, показали, что СКП измерений не превосходит 3 мм и практически не зависит от взаимной ориентации антенн, что позволяет отказаться от ориентирования приемников в процессе проведения измерений.

Одночастотный приемник ГНСС «Геодезия» сертифицирован и включен в Государственный реестр средств измерения.

▼ Двухчастотная спутниковая геодезическая аппаратура «ГККС» и «Изыскание»

В 2006 г. в рамках ФЦП «ГЛО-НАСС» на базе приемоизмерительных модулей второго поколения разработан и испытан принципиально новый комплект двухчастотной геодезической аппаратуры в составе базового приемника ГНСС «ГККС» и мобильного — «Изыскание», предназначенный в том числе для выполнения измерений в режиме реального времени (RTK).

В нем значительно расширены функциональные возможности и интерфейс аппаратуры, в частности, реализована беспроводная передача информации с помощью технологии Bluetooth. Для передачи данных в режиме реального времени могут использоваться как встроенные GSM-модемы, так и внешние УКВ-радиостанции.

На проведенных в 2006 г. испытаниях подтверждена возможность измерения пространственных координат приемником ГНСС «Изыскание» в режиме RTK с использованием поправок, передаваемых по GSM-каналам от базового приемника ГНСС «ГККС», с СКП 10–15 мм, в зависимости от внешних условий.

С 2008 г. ведется серийное производство данной аппаратуры.

▼ Результаты натурных испытаний и опыт эксплуатации аппаратуры

С целью подтверждения заявленных параметров точности и эксплуатационных характеристик разработанной в РИРВ геодезической аппаратуры в период 2003–2004 гг. были проведены ее испытания в различных организациях, в частности, в ФГУП «Госземкадастръемка» — ВИСХАГИ, МИИГАиК, ВНИИФТРИ и в ряде организаций Министерства обороны РФ [3, 6, 7]. Испытания проводились в различных погодных-климатических условиях применительно к решению широкого круга практических задач. При этом удалось полностью подтвердить, а в ряде случаев превзойти заявленные показатели точности и эксплуатационные характеристики. Среди положительных качеств приборов были отмечены следующие: низкий уровень шума фазовых измерений, хорошая защищенность от влияния многолучевого распространения навигационных радиосигналов, а также простота в освоении и эксплуатации.

Совместно с ФГУП «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт» была проведена экспериментальная проверка точности одночастотных приемников ГНСС «ГЕО-161» и «Геодезия» для измерения пространственного положения морского судна в режиме «кинematика». В результате испытаний установлено, что данная спутниковая геодезическая аппаратура по своей точности может быть рекомендована для навигационного координирования при выполнении морских инженерных изысканий в прибрежной зоне (на удалении до 50 км).

В августе 2006 г. сторожевые корабли береговой охраны СВУ ПВ ФСБ осуществили сквозной переход по Северному морскому пути. В процессе перехода был поставлен ряд экспериментов по оценке точности определения пространственных координат различными методами в условиях Крайнего Севера. В данных экспериментах использовался

одночастотный приемник ГНСС «Геодезия». Обработка данных эксперимента показала, что при удалении от опорной станции до 500 км точность относительного определения положения судна этим приемником выше (до 3 раз) по сравнению с результатами автономной навигации, что позволяет использовать приемники типа «Геодезия» в качестве средства апостериорной оценки точности автономной навигации.

В ходе испытаний также подтверждена возможность высокоточного определения геодезических и астрономических азимутов.

В настоящее время аппаратура РИРВ используется во многих предприятиях и организациях РФ, в ряде организаций Минобороны России, поставляется в Белоруссию и Казахстан. Значительный опыт эксплуатации аппаратуры накоплен в собственной геодезической службе РИРВ.

Спутниковая аппаратура РИРВ нашла применение и на предприятиях городского коммунального хозяйства. В 2005–2006 гг. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» создал сеть из 10 постоянно действующих одночастотных базовых станций на основе аппаратуры ГНСС «СБС161», производимой РИРВ [8]. Сеть работает в режиме автоматической регистрации. Собранные данные поступают в централизованную базу данных предприятия. Подсистема выдачи информации по запросам потребителей обеспечивает их данными, измеряемыми на базовых станциях, для любой точки на территории Санкт-Петербурга и пригородной зоны при удалении от базовых станций не более 10 км.

Развернутая система используется службами ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» при проведении различных геодезических работ, в том числе в целях актуализации объектов, содержащихся в специализированных корпоративных ГИС, и повышения точности определения их координат. Для полевых геодезических ра-

бот используется односторонняя спутниковая аппаратура «ГЕО-161», а для совместной обработки данных постоянно действующих базовых станций и подвижных геодезических приемников ГНСС — разработанное в РИРВ программное обеспечение.

Дальнейшее развитие этой системы ориентировано на обеспечение потребителей ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» контрольно-корректирующей информацией в режиме реального времени. В рамках развернутой беспроводной сети VPN (Virtual Private Network) ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» на основе средств SkyLink осуществляется трансляция контрольно-корректирующей информации (ККИ) по запросам мобильных клиентов (аварийные бригады и т. д.). ККИ в стандартном формате RTCM формируется сервером BSNет, разработанным РИРВ, и передается по сети с использованием протокола NTRIP.

Используя ККИ и двухчастотные приемники ГНСС «Изыскание», потребители данной сети смогут определять пространственные координаты в режиме реального времени с сантиметровой точностью.

Данная система и примененные в ней технические решения могут использоваться, в принципе, для прецизионного навигационного обеспечения и других служб и организаций города.

В настоящее время в РИРВ завершается разработка нового поколения геодезической аппаратуры ГНСС — «Изыскание-М», «МГККС» и «Гео-П». Эти приборы будут обладать лучшими эксплуатационными характеристиками, включая точность измерений за счет использования новых сигналов глобальных навигационных спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС.

Проведенные испытания и опыт эксплуатации геодезической аппаратуры ГНСС, разработанной в РИРВ, подтвердили, что она обеспечивает проведение основных видов геодезических и

земельно-кадастровых работ, может применяться для навигационного координирования при морских инженерных изысканиях. Спутниковые приемники ГНСС и сопутствующее программное обеспечение могут также использоваться в рамках различных сетевых решений. В ходе испытаний была подтверждена возможность высокоточного определения геодезических и астрономических азимутов.

Полученная по результатам испытаний средняя квадратическая погрешность определения длины базовой линии составляет не более:

— 1–1,5 ppm в режиме «статика»;

— 1 см в режимах «стой/иди» и «кинематика с инициализацией» (при удалении от базовой станции не более 5 км).

При определении пространственных координат в режиме RTK на расстоянии от базовой станции не более 5 км СКП составляет 10–15 мм.

Экспериментально подтверждены следующие достоинства аппаратуры:

— удобство в эксплуатации, обеспечиваемое за счет компактности приемников и отсутствия или минимизации количества кабельных соединений;

— возможность оперативного контроля работы приемника при измерениях в полевых условиях с помощью световой и звуковой индикации, а также дополнительного контроллера;

— простота интуитивно понятного пульта управления и индикации;

— низкий уровень энергопотребления, что позволяет проводить полевые работы без перезарядки аккумулятора в течение 10–15 часов и более;

— возможность работы в широком температурном диапазоне;

— надежность работы аппаратуры в полевых условиях.

Программное обеспечение приемников ГНСС имеет широкий набор функций, необходимых как

для обеспечения полевых работ, так и для последующей камеральной обработки измерений.

Технология спутниковых наблюдений с использованием комплектов аппаратуры ГНСС и ПО для постобработки, разработанных в РИРВ, могут быть освоены специалистами, имеющими геодезическое образование и навыки работы с персональным компьютером, в течение 3–5 дней.

▼ Список литературы

1. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. — М.: Картгеоцентр, 1999.
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. — М.: Картгеоцентр, 2005.
3. Кораблев М.Е., Тикко Б.Б. Геодезический приемник ГЛОНАСС/GPS ГЕО-161 // Геопрофи. — 2004. — № 5. — С. 8–11.
4. Интерфейсная программа для геодезических приемников изделия ГЕО-161. Руководство пользователя. — С-Пб.: ОАО РИРВ, 2006.
5. BL-L/G for Windows. Руководство пользователя. — С-Пб.: ОАО РИРВ, 2006.
6. Заключение о результатах испытаний аппаратуры ГЕО-161. — М.: Центр спутниковых технологий УФГП «Госземкадастрсъемка», 2003.
7. Луповка В.А., Крылов В.И., Луповка Т.К. Испытания спутниковой геодезической аппаратуры ГЕО-161 // Геодезия и картография. — 2005. — № 1.
8. Семенов Ю.В., Борисенко А.Н., Кабиров А.И., Тикко Б.Б. Спутниковые технологии городскому хозяйству // Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт. — 2008. — № 2.

RESUME

A description is given for the both «Geodezia», «GKKS» and «Izyskanie» geodetic equipment and software of the BL series for Windows to process satellite measurements. The above are of the RIRT development within the framework of the Federal Target Program «GLONASS». Results of the both in-situ studies and actual usage of this equipment by various organizations in the Russian Federation are given.