

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ПРИЕМНИК ГЛОНАСС/GPS ГЕО-161

М.Е. Кораблев (Российский институт радионавигации и времени, Москва)

В 2000 г. окончил факультет радиоэлектроники и лазерной техники Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана по специальности «радиоэлектронные системы». После окончания университета работал в ЗАО «Научно-производственное предприятие «Центр прикладной геодинамики». С 2003 г. работает в ОАО «Российский институт радионавигации и времени», в настоящее время — начальник отдела.

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

В 1983 г. окончил математико-механический факультет Ленинградского государственного университета по специальности «математика». Затем работал в Ленинградском научно-исследовательском радиотехническом институте (в настоящее время — 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 сектора.

Спутниковые навигационные технологии, широко применяемые при земельно-кадастровых работах и решении задач геодезии, в настоящее время базируются, в основном, на использовании оборудования зарубежного производства. В то же время появившийся на российском рынке в начале 2003 г. спутниковый геодезический приемник ГЕО-161, разработанный и серийно выпускаемый ОАО «Российский институт радионавигации и времени», превосходит по некоторым техническим характеристикам и функциональным возможностям ряд зарубежных аналогов.

Рассмотрим более подробно его функциональные возможности и результаты практических испытаний.

▼ Общие характеристики

Основой ГЕО-161 является совмещенный ГЛОНАСС/GPS одночастотный геодезический приемник, имеющий 16 каналов слежения за космическим аппаратом (КА). Конструктивно приемник выполнен в виде моноблока, объединяющего

микрополосковую антенну, преобразователь, накопитель данных, панель управления и аккумуляторную батарею. Достоинством такой конструкции является отсутствие кабельных соединений, что, несомненно, удобно для работы в полевых условиях. Внешний вид приемника представлен на рис. 1.

Приемник имеет сертификаты Госстандарта России и Минобороны России.

Благодаря малому энергопотреблению (менее 2,5 Вт) длительность работы приемника

без подзарядки аккумулятора достигает 11–12 часов. Емкость внутренней памяти и оригинальный алгоритм сжатия данных обеспечивает регистрацию измерений по всем наблюдаемым космическим аппаратам с дискретностью 1 с в течение 12 ч, а с дискретностью 10 с — пять и более рабочих дней.

В стандартном режиме работы приемник позволяет выполнять одновременные измерения по сигналам спутников ГЛОНАСС и GPS, но может быть переключен на работу по любой из систем в отдельности.

При помощи ГЕО-161 обеспечивается точность измерений базисов не хуже 10 мм + 2 ppm, а в благоприятных условиях не хуже 5 мм + 1 ppm.

Приемник разрабатывался в расчете на реальные условия эксплуатации в России, поэтому одним из основных требований к моноблоку являлась высокая механическая стойкость и работа в широком температурном диапазоне. Используемые в приемнике технические решения, выбранная элементная база и аккумуля-



Рис. 1
Геодезический приемник
ГЕО-161

ляторная батарея обеспечивают возможность автономной работы при температуре от -30°C до $+55^{\circ}\text{C}$.

Приемник обеспечивает реализацию основных видов съемки, включая динамические режимы, без использования внешнего контроллера, при помощи несложной встроенной панели управления с набором светодиодных индикаторов и псевдосенсорных кнопок [1]. Контроль работы приемника осуществляется при помощи световой и звуковой индикации. При работе без контроллера сценарии работы (шаблоны) заранее формируются на компьютере и загружаются в приемник.

В то же время с помощью контроллера, в качестве которого может использоваться карманный персональный компьютер (КПК) с ОС Windows CE, программно реализован ряд дополнительных функций: ввод и редактирование имен точек, ввод высоты антенны приемника, оперативное управление параметрами сбора данных, навигация по заданному маршруту (в том числе с использованием электронных векторных карт) и т. д. Контроллер может использоваться и как внешняя панель управления, так как его кнопки дублируют соответствующие функции встроенной панели приемника. Следует отметить, что при использовании контроллера на базе КПК накопление данных выполняется только в памяти приемника. Подключение КПК может проводиться на непродолжительное время непосредственно во время работы GEO-161 только для выполнения соответствующих функций, что облегчает его применение в условиях пониженной температуры. При прекращении работы КПК, например, вследствие разряда батареи, съемка

будет успешно продолжаться и без него.

Настройка приемника, ввод сценариев работы, а также вывод накопленных измерений осуществляется при помощи входящего в его состав интерфейсного программного обеспечения (ПО) [2]. Одним из возможных применений приемника, поддерживаемых интерфейсным ПО, может быть его использование в качестве постоянной базовой станции. Вычислительная машина с загруженным интерфейсным ПО также может обеспечивать функции контроллера для основных режимов съемки. Реализована возможность самостоятельного обновления программного обеспечения приемника пользователем. Выходным форматом данных является BL DataSet, используемый программным обеспечением геодезической съемки GSSoftware (пакеты серии BL).

▼ Пакет программ постобработки

Пакет программ BL-G1 for Windows — один из представителей семейства BL, входящий в поставочный комплект приемников, ориентирован на обработку измерений как GEO-161, так и других одночастотных геодезических приемников GPS и ГЛОНАСС/GPS [3]. Широкие возможности программного продукта позволяют использовать его также с приемниками «Землемер Л1», «Землемер Л1М», приемниками компании Leica Geosystems (Швейцария) и др. Пакет позволяет проводить обработку измерений, полученных в режимах съемки «Статика», «Быстрая Статика», «Истинная Кинематика» (с инициализацией), «Кинематика-На-Лету» (без инициализации), «Стой/Иди» и «Реокупация».

Современные алгоритмы

разрешения фазовой неоднозначности позволяют быстро получить высокоточное решение по фазе на базисах длиной до 30 км, а в благоприятных условиях — до 100 км и более. Число пунктов и базисов в каждом проекте практически не ограничено. В каждом проекте автоматически создается архив всех загруженных данных с возможностью их повторной обработки.

Наряду со стандартными возможностями постобработки предусмотрен обширный набор средств для решения задач в неблагоприятных условиях, в том числе удобный механизм редактирования измерений с использованием графиков невязок, контроль замкнутых фигур на точность замыкания с выбором оптимальных решений, специальный алгоритм расчета векторов известной длины, контроль локальных участков создаваемой сети уравниванием, возможность численной коррекции данных и т. д. Важной особенностью является возможность хранить и анализировать несколько вариантов решений по каждому базису, при этом окончательная селекция может проводиться как вручную, так и автоматически.

Утилиты уравнивания и перемычисления координат позволяют завершить решение типовой целевой задачи съемки, т. е. выполнить уравнивание и перенос построенной сети в местную систему координат и высот.

Базы данных создаваемых проектов основаны на стандартных таблицах Paradox и полностью открыты. Пакет может легко дополняться новыми утилитами самим пользователем. Это открывает возможность дальнейшего расширения его функций для более специальных применений.

▼ **Результаты натурных испытаний**

С 10 по 17 сентября 2003 г. на базе технических средств и при участии специалистов Центра спутниковых технологий ФГУП «Госземкадастръемка» — ВИСХАГИ были проведены испытания спутниковой геодезической аппаратуры ГЕО-161 и программы постобработки VL-G1 [4]. Целью испытаний являлось определение перспектив применения аппаратуры ГЕО-161 при выполнении земельно-кадастровых работ.

Оценка точностных и эксплуатационных характеристик аппаратуры проверялась путем проведения координатных определений в режимах «Статика» и «Стой/Иди», причем испытываемые приемники размещались в пунктах с частичным затенением видимости КА многоэтажными зданиями и кронами деревьев.

Для определений в режиме «Статика» были задействованы 7 базовых дифференциальных станций Спутниковой системы межевания земель, развернутой в Московской области. Дифференциальные станции оснащены спутниковыми двухчастотными геодезическими приемниками SR530 фирмы Leica Geosystems.

Испытываемый приемник ГЕО-161 размещался на пункте «G», расположенном внутри

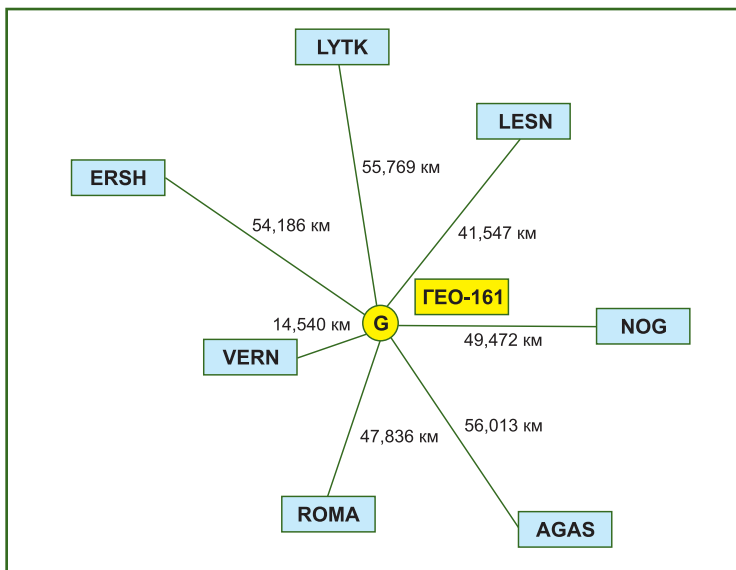


Рис. 2
Схема размещения базовых станций

области, ограниченной пунктами размещения дифференциальных станций (рис. 2), и с его помощью проводились наблюдения навигационных КА для последующего определения расстояний до базовых станций и положения пункта «G». Длительность сеанса наблюдений составляла 40 мин. Затем, в пункте «G» размещалось образцовое средство, в качестве которого использовался двухчастотный приемник SR530, и проводился сеанс контрольных наблюдений длительностью 30 мин.

Измерения, полученные приемником ГЕО-161 на частоте L1, обрабатывались попарно вместе с измерениями каждой из дифференциальных стан-

ций (также на частоте L1), и определялись базовые расстояния и координаты пункта «G» с помощью программного обеспечения VL-G1.

Аналогично определялись базовые расстояния и координаты пункта «G» с помощью двухчастотного приемника SR530 и программного обеспечения SKI фирмы Leica Geosystems.

Результаты определений базовых расстояний для приемников ГЕО-161 и SR530 приведены в таблице.

Среднее квадратическое отклонение (СКО) урavnенных координат пункта «G» составило: для ГЕО-161 — 0,0071 (0,0045 в плане), а для SR530 — 0,0069 (0,0043 в плане).

Определение базовых расстояний с помощью приемников ГЕО-161 и SR530

Базовая линия	Расстояние, м		Разность $L_{ГЕО} - L_{SR}$, м
	$L_{ГЕО}$	L_{SR}	
AGAS — G	56 013,3976	56 013,3241	0,0735
ERSH — G	54 185,8223	54 185,7972	0,0251
LESN — G	41 547,0382	41 546,9768	0,0614
LYTK — G	55 769,0382	55 768,9879	0,0503
VERN — G	14 539,9216	14 539,9384	-0,0168
NOG — G	49 471,6210	49 471,6036	0,0174
ROMA — G	47 835,6558	47 835,5939	0,0619

Длина вектора, образованного разностями уравнированных координат пункта «G», полученных с помощью приемника GEO-161 и приемника SR530, которую можно рассматривать в качестве оценки абсолютной погрешности координатных определений, составила около 2 см.

Определения в режиме «Стой/Иди» выполнялись с помощью двух приемников GEO-161, один из которых использовался в качестве базового, а с помощью второго выполнялись измерения координат на каждом пункте по замкнутому маршруту. Погрешность определений в этом режиме оценивалась в виде разностей одноименных координат первого и последнего (совмещенного с первым) пунктов. Полученная после обработки с помощью ПО BL-G1 величина погрешности составила 3 мм.

С 24 по 30 сентября 2003 г. были проведены испытания аппаратуры GEO-161 на кафедре астрономии и космической геодезии МИИГАиК [5]. Технические характеристики представленных для испытаний комплектов аппаратуры проверялись путем проведения относительных координатных определений по наблюдениям в режимах «Статика» и «Быстрая статика» на пункте с известными координатами.

Для оценки точности относительных координатных определений в режимах «Статика» и «Быстрая статика» на разном удалении от базовых станций, помимо приемника GEO-161, в эксперименте были задействованы двухчастотные приемники Odyssey-RS и Odyssey-E фирмы Topcon, снабженные антеннами Regant, и двухчастотный приемник SR530 фирмы Leica. Результаты съемки обрабатывались с помощью программы Pinnacle фирмы Topcon.

Для оценки точности использовались статические наблюдения, выполненные на базовых линиях длиной 7, 9 и 11 км.

Как было описано выше, во время наблюдений рядом с приемниками GEO-161 устанавливался приемник Topcon HiPer-GGD, периодически эти приемники менялись местами. Кроме того, в обработке использовались результаты наблюдений точек, полученные приемником SR530. Отношение сигнал/шум в условных единицах, принятых в RINEX, варьировалось для данных SR530 — от 3 до 9 единиц, для HiPer — от 6 до 9 единиц, для GEO-161 — от 6 до 8 единиц. Шум фазовых измерений для GEO-161 невелик — ширина шумовой дорожки не превышала 0,02 цикла. Из 16-и полчасовых серий наблюдений только в пяти были обнаружены срывы в слежении за фазой несущей для сигнала одного из спутников. Во всех случаях число срывов в слежении за фазой несущей не превышало четырех.

Это показывает, что приемники GEO-161 обеспечивают стабильное слежение за навигационными сигналами всех спутников в пределах видимости.

Металлический корпус приемника играет роль хорошего экрана типа groundplane, который заметно снижает влияние многолучевости и отражений от подстилающей поверхности на результаты измерений.

В результате испытаний было установлено, что точность определения базовых линий длиной 5 и 7 км составляет не более 3 мм. Отдельно следует отметить такие положительные качества приборов как низкий уровень шума фазовых измерений и хорошую за-

щищенность от влияния многолучевого распространения навигационных радиосигналов.

Таким образом, комплект геодезической аппаратуры GEO-161 с базовым составом средств, включающим два приемника, программное обеспечение BL-G1, вспомогательные принадлежности и эксплуатационную документацию, обеспечивает проведение основных видов геодезических и земельно-кадастровых работ.

Это дает основание рекомендовать спутниковый геодезический приемник GEO-161 для оснащения предприятий, выполняющих геодезические работы различного назначения.

▼ Список литературы

1. Руководство по спутниковой съемке с использованием GEO-161. Руководство пользователя. — С-Пб.: ОАО РИРВ, 2003.
2. Интерфейсная программа для геодезических приемников изделия GEO-161. Руководство пользователя. — С-Пб.: ОАО РИРВ, 2003.
3. BL-L/G for Windows. Руководство пользователя. — С-Пб.: ОАО РИРВ, 2003.
4. Заключение о результатах испытаний аппаратуры GEO-161. Центр спутниковых технологий. — М.: УФГП «Госземкадастрсъемка», 2003.
5. Технический отчет о результатах испытаний геодезической спутниковой аппаратуры GEO-161. — М.: МИИГАиК, 2003.

RESUME

The satellite single frequency geodetic GLONASS/GPS equipment GEO-161 is considered. It was developed, and is being mass-produced, at the Russian Institute of Radionavigation and Time (RIRT). Specific properties of operating the GEO-161 equipment are presented together with the results of the full-scale tests. The BL software package for the data post-processing (also developed at RIRT) is introduced.