

НАЗЕМНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ГНСС ДЛЯ ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ*

О.В. Евстафьев (Региональный офис Leica Geosystems)

В 1994 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «космическая геодезия и навигация», в 2002 г. — факультет экономики и маркетинга ТУ (МАИ) по специальности «организация предпринимательской деятельности». С 1994 г. работал ведущим инженером, а с 1999 г. — менеджером отдела продаж в компании ПРИН, с 2001 г. — руководителем отдела геотехнологий ЗАО «Геотехсервис-2000». С 2004 г. по настоящее время — ведущий специалист по спутниковому геодезическому оборудованию в региональном офисе Leica Geosystems.

В первой части данной серии публикаций было описано, каким образом спутниковые базовые станции являются основой наземной инфраструктуры систем точного определения пространственных координат (позиционирования). Были приведены примеры, как и в каких областях находят применение системы точного позиционирования и их сервис. Также было дано описание постоянно работающих базовых станций (CORS-станций), и рассмотрены их отличия от одиночных базовых ГНСС-станций и сетей базовых станций, особенности, состав, функциональное назначение и возможности. Резюмируя приведенное описание, отметим следующие главные особенности одиночной постоянно действующей базовой ГНСС-станции.

1. Оборудование станции должно включать приемник ГНСС, спутниковую антенну, источник бесперебойного питания, средства связи, которые устанавливаются стационарно, на специально подготовленном месте.

2. Станция работает автономно, без участия оператора на станции. Управление стан-

цией осуществляется автоматически с персонального компьютера (ПК), с помощью специализированного программного обеспечения.

3. На станции постоянно формируются данные для постобработки результатов измерений, выполненных подвижными спутниковыми приемниками, а также спутниковые дифференциальные поправки для получения пользователями передвижных спутниковых приемников точных пространственных координат в режиме реального времени.

4. Данные, собираемые на станции, архивируются на жестком диске компьютера для последующей обработки и передачи по каналам связи на FTP-сервер для удаленного доступа пользователей подвижных спутниковых приемников.

5. Станция обеспечивает пользователей подвижных спутниковых приемников, находящихся в радиусе не более 25–30 км от базовой станции, данными, необходимыми для определения пространственных координат в режиме реального времени, с сантиметровой точностью RTK (Real-Time Kinematic).

Организациям, предоставляющим данные для точного позиционирования пользователям, находящимся в непосредственной близости, достаточно установить одну или несколько постоянно действующих базовых станций. Большинству пользователей вполне достаточно сервиса, предоставляемого одной базовой станцией.

Остановимся на практических советах по выбору оборудования и его установке, а также программного обеспечения, необходимых для функционирования постоянно действующей базовой станции ГНСС.

▼ Оборудование для постоянно действующей базовой станции ГНСС

ГНСС-приемники. Современные двухчастотные 72-канальные спутниковые ГНСС-приемники являются наиболее подходящими для использования в качестве базовых станций, поскольку они позволяют принимать все типы спутниковых сигналов (L1, L2, кодовые, фазовые), генерируют выходные данные всех требуемых форматов (RTK, DGPS, NMEA) и поддерживают решение любых задач. Однако следует иметь в виду, что различные произво-

* Продолжение. Начало в № 1-2008.

дители спутникового геодезического оборудования предлагают как полевые ГНСС-приемники, так и специально разработанные приемники для работы на стационарных базовых станциях. Полевые приемники не всегда подходят для создания CORS-станции. Для постоянно действующей базовой станции не столь критичными являются такие характеристики ГНСС-приемника, как температурный режим его работы и защита от пыли и влаги. Но для того, чтобы обеспечивать услугами точного определения пространственных координат различных пользователей в одно и то же время, лучше, если приемник может регистрировать данные на большой скорости, постоянно передавать непрерывный поток «сырых» данных, а также выводить RTK и DGPS-поправки в наиболее широко применяемых форматах (RTCM, Leica, CMR, CMR+). Приемники, используемые в качестве базовых станций, должны иметь соответствующие порты для:

- соединения с управляющим компьютером, на котором работает программное обеспечение базовой станции (COM или Ethernet);

- подключения коммуникационного устройства для передачи RTK и DGPS поправок;

- подключения основного и резервного источников питания;

- подключения внешнего стандарта частоты (если необходимо);

- вывода меток точного времени (PPS);

- подключения периферийных устройств, таких как метеорологические датчики и датчики наклона.

Приемник для постоянно действующей базовой станции должен обладать возможностью передачи непрерывного потока «сырых» спутниковых данных

на управляющий компьютер, а также иметь большой объем внутренней памяти для накопления данных в случае прекращения связи с компьютером и возможность автоматической передачи этих данных при восстановлении соединения.

Одночастотные приемники имеют ограничения по функциональности и не подходят для использования в качестве многоцелевых базовых станций, которые требуются в настоящее время. Однако они могут быть использованы для станций, которые транслируют данные дифференциальной коррекции (DGPS) для мобильных приемников, собирающих ГИС-информацию, и навигационных приемников. Одночастотные приемники можно использовать в пределах небольших, короткобазисных сетей для целей мониторинга объектов, но предпочтительно и в этом случае применять двухчастотные приемники.

ГНСС-антенны. Если постоянно действующая базовая станция является частью государственной геодезической сети первого порядка, необходимо использовать антенны особого типа (Choke-ring) Dorne & Margolin, снабженные специальным экраном с кольцами для защиты от переотраженных спутниковых сигналов (рис. 1). Любые базовые станции, которые формируют всемирную международную сеть IGS, также, как правило, требуют использования таких антенн. Они отличаются высокой стабильностью фазового центра, снижением многолучевости до незначительного уровня и позволяют гарантировать высокое качество получаемых данных. Для одиночных базовых станций и для базовых станций в сетях, предназначенных, в основном, для целей топографической съемки и обеспечения



Рис. 1
Спутниковая антенна типа Choke-ring

строительства, и передающих данные подвижным приемникам, работающим в режиме реального времени, вполне подходит стандартная геодезическая антенна, используемая на подвижном приемнике, если она обеспечивает хорошее качество сбора данных. Стандартная геодезическая антенна достаточна для большинства приложений и может быть значительно дешевле Choke-ring-антенны. Антенны типа Choke-ring обычно сверху закрываются куполом из радиопрозрачного материала (пластика) для защиты от осадков и различного мусора.

Крепление антенны. Антенна постоянно действующей



Рис. 2
Крепление антенны спутникового приемника на железобетонном пилоне

базовой станции должна быть неподвижна, поскольку пространственное положение ее фазового центра будет исходным при определении и задании координат базовой станции. Следовательно, антенна должна быть жестко закреплена на местности на твердом основании. Использование стандартного деревянного или геодезического штатива при этом не желательно. Обычно антенну устанавливают на отдельно стоящем железобетонном пилоне (рис. 2) или на стальной трубе, диаметром не менее 10 см, которую жестко крепят на несущей стене здания, на его крыше (рис. 3). В верхней части пилона или трубы должна быть ме-



Рис. 3

Крепление антенны спутникового приемника на стальной трубе

таллическая пластина с выступающим винтом для принудительного крепления антенны.

Антенные кабели. Если установка ГНСС-антенны базовой станции предусмотрена на большом расстоянии от приемника, например, на крыше здания, то потребуются длинные кабели. Существуют антенные кабели длиной 10, 30, 50 м и более. Чем длиннее кабель, тем больше его толщина для минимизации потери сигнала, и тем

тяжелее и более громоздким он оказывается. Поэтому, чем короче кабель, тем лучше. В случае, если длина кабеля более 50 м, в зависимости от его марки, может потребоваться усилитель сигнала, который устанавливается на стыке кабелей, образующих общую линию. Однако, по возможности, необходимо избегать использования сверхдлинных кабелей и стараться установить приемник как можно ближе к антенне.

Источники электропитания. Оборудование базовой станции требует надежного и бесперебойного электропитания. При подключении к электросети переменного тока (220 В), как правило, используется AC-DC-адаптер. В случае прекращения подачи электроэнергии переменного тока или ее аварийного отключения, должен быть предусмотрен резервный источник электропитания. Поскольку внезапное прекращение подачи электропитания на оборудование базовой станции может вывести ее из строя, и исполнители в поле будут вынуждены прекратить работы. Пользователи, которые платят за услугу и данные, предоставляемые с постоянно действующей базовой станции, вряд ли будут довольны перебоями в работе базовой станции. Поэтому на постоянно действующей базовой станции обязательно должен быть предусмотрен резервный источник электропитания. Для одиночной базовой станции резервный источник электропитания может быть общим для компьютера и приемника. При обеспечении работы базовой станции в течение ограниченного периода времени (при аварийном отключении электросети) используется источник бесперебойного питания (UPS). Эти источники могут быть различного типа и различной емкости. Чем

больше емкость, тем дольше источник может поддерживать оборудование в рабочем состоянии. Следует иметь в виду, что современные ГНСС-приемники, используемые на базовых станциях, имеют функцию автоматического перезапуска, как только электропитание восстанавливается. Для большей надежности можно предусмотреть установку резервного источника питания отдельно для приемника и компьютера. Если питание отключается только у компьютера, приемник будет продолжать работать в нормальном режиме, т. е. регистрировать данные и, если он соответствующим образом настроен, передавать данные RTK и DGPS.

Иногда возникает необходимость установить базовую станцию на месте, где отсутствуют электрические сети. В этом случае требуется постоянный автономный источник электропитания, который выбирают исходя из конкретных местных условий. Например, в районах с жарким климатом могут быть использованы солнечные батареи.

Защита от молний и гроз.

Если базовые станции устанавливают в регионе, где часто бывают грозы, рекомендуется защищать оборудование станции от попадания молний. Защита может быть обеспечена при помощи громоотвода или молниеотвода. На высоких зданиях, как правило, устанавливают молниеотводы. Они обычно состоят из одного или более металлических стержней, соединенных с помощью толстой медной ленты, нижний конец которой вкопан в землю. Специальный молниеотвод должен быть установлен рядом со спутниковой антенной. Для того, чтобы не мешать прохождению спутниковых сигналов, стержни молниеотвода не должны быть слишком высокими. Одно

из возможных решений может включать четыре небольших стержня, установленных с четырех сторон от антенны так, чтобы они не поднимались выше 10° над горизонтом. Если антенна устанавливается на здании, ее молниеотвод должен быть связан с молниеотводной системой здания и заземлен (эти работы должны выполнять специалисты).

Под воздействием электромагнитных полей, возникающих во время грозы, в антенном кабеле может появиться электрический ток и повредить приемник базовой станции. Для защиты приемника используется грозовой разрядник, который должен быть размещен в антенном кабеле, между антенной и приемником, и заземлен. Если антенна находится на здании, грозовой разрядник должен быть соединен с молниеотводной системой здания и заземлен. Грозовой разрядник защищает приемник и все оборудование, которое к нему подключено (например, компьютер), от всплесков напряжения, кроме спутниковой антенны.

Метеорологические датчики. Задержка спутниковых сигналов в атмосфере дает важную информацию для метеорологов. Некоторые организации за рубежом, являющиеся операторами базовых станций, поставляют данные метеорологическим службам. Эти данные используются при подготовке прогнозов погоды и изучении климатических явлений. Для получения таких данных обычно требуется соединить метеорологический датчик с приемником ГНСС на базовой станции. Метеорологический датчик определяет температуру, влажность и давление. Эти данные записываются совместно со спутниковыми измерениями в ГНСС-приемник. Программное обеспечение на сервере

загружает их и трансформирует метеорологические данные в формат RINEX.

Датчики наклона. Периодически требуется проверять координаты базовой станции (пространственное положение антенны). Обычно это делается по результатам постобработки линий от базовой станции к опорным пунктам, к которым осуществлена геодезическая привязка антенны базовой станции. Хорошо, если антенна установлена на крыше здания, на невысоком пилоне с фундаментом, который не испытывает деформации. Однако, если антенна установлена на высоком пилоне или стальной трубе, ее положение в пространстве может со временем изменяться, из-за ежедневных деформаций вследствие температурных колебаний, давления ветра и др. Чем выше основание, на котором устанавливается антенна, тем более вероятным является появление у нее наклона. Для определения наклона основания антенны на нем закрепляют датчик наклона, который соединяют с приемником ГНСС. Электронный двухосевой датчик (рис. 4) измеряет наклон по двум плоскостям и передает полученные значения в цифровом виде в память приемника ГНСС, где они записываются совместно с «сырыми» спутниковыми данными и могут быть внесены в RINEX-файл. Эти данные затем анализируются для опреде-

ления наклона основания, на котором установлена антенна.

▼ Программное обеспечение для постоянно действующей базовой станции ГНСС

Для управления постоянно действующей базовой станцией с помощью компьютера необходимо специализированное программное обеспечение (ПО). Некоторые модели базовых ГНСС-приемников функционируют без управления с ПК. Однако компьютер необходим для удаленного контроля состояния и настроек приемника, а также для хранения собранных на базовой станции данных на его жестком диске, который имеет намного большую емкость, чем внутренняя память приемника. Некоторые модели приемников ГНСС, например, Leica GRX1200, для удаленного контроля имеют веб-интерфейс (рис. 5), который позволяет управлять ГНСС-приемником с помощью стандартного Интернет-браузера. Если приемник подключен к сети Интернет, то контролировать его работу можно из любой точки Земного шара, где у оператора есть доступ к глобальной сети Интернет.

Программное обеспечение базовой станции на управляющем ПК осуществляет связь с приемником ГНСС, обеспечивая автоматическую передачу файлов из внутренней памяти приемника на жесткий диск ПК, через заданные интервалы времени или непрерывно. В случае передачи непрерывного потока данных, ПО базовой станции проверяет их на целостность, при необходимости фильтрует и сохраняет в виде файлов на жесткий диск ПК. «Сырые» данные могут конвертироваться в формат RINEX (или Comcast RINEX), архивироваться и отправляться по электронной почте или выкладываться на FTP-сервер, где обеспечен до-



Рис. 4
Электронный двухосевой датчик наклона NIVEL

ступ пользователям для постобработки. Для работы пользователей в режиме реального времени ПО базовой станции формирует дифференциальные RTK и/или DGPS-поправки в определенном формате и передает эти данные на подключенное к ПК (или к приемнику ГНСС) устройство связи. Программное обеспечение также контролирует состояние и функционирование приемника, качество данных, систему связи, генерирует сообщения и отчеты, когда это необходимо.

Если ПО базовой станции имеет возможность одновременного подключения нескольких базовых станций, то оно рекомендуется тем пользователям, которые решили установить одиночную базовую станцию, но в дальнейшем планируют увеличить количество базовых станций, чтобы объединить их в сеть. Наличие такого программного обеспечения позволит в будущем наращивать количество постоянно действующих базовых станций для создания сети опорных станций под общим управлением. В этом ПО может быть предусмотрено обеспечение сетевыми дифференциальными поправками пользователей, использующих спутниковую аппаратуру в режиме RTK.

В состав программного обеспечения базовой станции также должно входить ПО для постобработки ГНСС-измерений, выполненных пользователями подвижных приемников. При этом, оно должно включать возможности преобразования координат, уравнивания результатов измерений и составления отчетов.

▼ Затраты на оборудование базовой станции

Состав комплекта и стоимость базовой станции во многом определяется целями ее создания, кругом производственных задач пользователей и

уровнем сервиса точного позиционирования, который желает предоставлять потребителям владелец базовой станции. Состав оборудования постоянно действующей базовой станции может сильно варьировать. Простейшая спутниковая базовая станция включает приемник ГНСС с обычной геодезической антенной и персональным компьютером (с управлением приемником через web-интерфейс) для приема и архивирования данных для постобработки. Стоимость такого комплекта оборудования базовой станции составит около 500 тыс. руб.

Более сложный вариант включает приемник ГНСС, антенну стандарта IGS, сервер, источник бесперебойного питания, систему связи для передачи RTK-поправок пользователям и набор программного обеспечения с различными функциями, вплоть до поминутного учета работы пользователей. Ориентировочная стоимость оборудования такой базовой станции составит от 700 тыс. рублей.

В структуре цены базовой станции программное обеспечение может занимать малую часть, или, наоборот, больше половины стоимости, в зависимости от его возможностей. Наилучшим вариантом программного обеспечения базовой станции является такое ПО, которое имеет модульную структуру и возможность наращивания функций по мере возникновения потребностей и финансовых средств на модернизацию.

При учете затрат на создание постоянно действующей базовой станции, кроме стоимости оборудования, необходимо учесть: затраты на выбор места установки базовой станции, монтаж оборудования и его тестирование, геодезическую привязку антенны станции в требуемой системе координат, обучение оператора рабо-

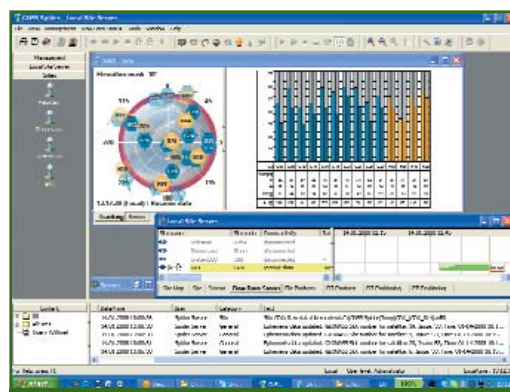


Рис. 5
Программное обеспечение управления спутниковыми базовыми станциями

те с оборудованием и ПО базовой станции, а возможно и обучение пользователей подвижных станций работе с данными, передаваемыми базовой станцией для их последующей обработки, и с ГНСС-измерениями в режиме реального времени.

В данном разделе не рассмотрены затраты на эксплуатационное содержание постоянно действующей базовой станции, которые могут включать аренду места установки базовой станции, оплату электроэнергии, заработную плату операторов базовой станции и др.

В следующей публикации будут даны рекомендации по выбору места установки постоянно действующих ГНСС-станций локальных и региональных сетей, предоставляющих сервис точного позиционирования на обширных площадях.

Продолжение следует

RESUME

There given practical recommendations to choose both equipment and software required for continuous operation of the GNSS ground-based basic station as well as the possible expenses and the work cost. Requirements for the GNSS receivers, remote antennas and their installation techniques, antenna cables, power supply sources, lightning protection equipment, weather sensors and inclination sensor are given in detail.