

# GPS-СЪЕМКА В РЕЖИМЕ RTK С ПРИМЕНЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ С УСЛУГОЙ GPRS

**М.Ю. Караванов** (Московское представительство Trimble Navigation)

В 1984 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». До 1993 г. работал в МИИГАиК, с 1993 г. по 1994 г. — в Ashtech, с 1994 г. по 2002 г. — в компании ПРИН. В настоящее время — инженер по технической поддержке Московского представительства Trimble Navigation.

**Б.М. Малибашев** (НПП «Навгеоком»)

В 1996 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». После окончания университета работал инженером-геодезистом в МосНИПИземлеустройства и ЗАО «Ромона». С 2000 г. работает в НПП «Навгеоком» инженером по технической поддержке GPS-оборудования. В настоящее время — менеджер по оборудованию для точной навигации.

Использование современных геодезических GPS-технологий вместе с последними достижениями в области средств связи предоставляет геодезистам новые, более производительные возможности при выполнении различных видов работ.

В настоящее время одним из эффективных методов геодезической GPS-съемки является кинематическая съемка в режиме RTK, благодаря которой геодезисты могут получать координаты с точностью до нескольких сантиметров непосредственно в полевых условиях. Но, помимо стандартного GPS-оборудования, работа в режиме реального времени требует наличия дорогостоящих средств радиосвязи и, самое главное, получения специального разрешения на использование радиочастоты. Последнее обстоятельство сдерживало развитие RTK-технологий, особенно в России, где на оформление разрешения необходимо потратить не менее полугода. Бурное развитие беспроводной связи, расширение зоны ее покрытия и внедрение новых прогрессивных услуг, в частности услуги GPRS, дало новый импульс к широкому внедрению режима RTK при выполнении измерений с помощью приемников GPS.

Обычно в состав спутникового оборудования для RTK-съемки входит комплект из двух или более двухчастотных приемников GPS с антеннами и полевыми контроллерами. Один комплект, называемый базовой (опорной или референцной) станцией, жестко устанавливается на пункте с известными координатами. Остальные комплекты, называемые мобильными (подвижными или роверами) приемниками, используются для определения координат объектов съемки. Для получения высокоточных координат в режиме реального времени в состав каждого комплекта включают радиомодемы, задача которых — принимать спутниковую и служебную информацию, передаваемую от базовой станции.

**Преимущества съемки в режиме RTK очевидны.** Во-первых, обеспечивается высокая производительность работы, так как на каждую точку съемки тратится несколько секунд. Во-вторых, качество результатов измерений гарантировано. Исполнитель может записывать готовые координаты в контроллер, отслеживать их качество и точность в любой момент, а при необходимости — повторить измерения. Режим RTK-съемки позволяет работать в

любых системах координат, включая местные системы координат. Имеется возможность непосредственно в полевых условиях решать стандартные геодезические задачи (определять азимут, расстояние или площадь участка), просматривать результаты съемки и определять пропущенные участки, выносить в натуре проектные данные (от отдельных точек до сложных 3D-проектов трасс и поверхностей). В камеральных условиях при передаче рабочего файла в компьютер можно сразу увидеть результаты работы без дополнительной обработки.

К сожалению, **в режиме RTK есть и ограничения**, которые связаны с радиоканалом для передачи данных. В стандартной ситуации он реализуется на базе радиомодемов, работающих в УКВ-диапазоне на частотах от 410 до 470 МГц. Первая и основная проблема, уже упомянутая выше, — это необходимость получения разрешения Главного радиочастотного центра (ГРЧЦ) на использование фиксированной радиочастоты. Вторая — ограничение дальности радиоканала, как правило, до 10–15 км и наличие радиовидимости между модемами базовой станции и по-

движного приемника. Кроме того, высока вероятность радиопомех при работе в промышленных районах.

Подобные ограничения отсутствуют при передаче данных по каналу GSM. Помимо того, что для использования телефонов в стандарте GSM не требуется разрешение, они обладают и другими преимуществами: меньшими размерами, весом, энергопотреблением и, наконец, стоимостью.

В 2002 г. крупнейшие российские операторы связи объявили о запуске новой услуги GPRS — системе пакетной передачи данных в сетях GSM. При использовании GPRS данные собираются в пакеты и передаются в эфир, заполняя не используемые в данный момент голосовые каналы, которые всегда есть в промежутках между разговорами абонентов. Возможность использования сразу нескольких голосовых каналов обеспечивает более высокую скорость передачи данных, а этап установления соединения занимает несколько секунд. GPRS занимает участок частотного диапазона только в момент фактической передачи пакетов, что обеспечивает чрезвычайно эффективное использование доступной полосы частот и позволяет делить один канал между несколькими пользователями (мобильными RTK-приемниками). Пользователь платит не за время соединения, а за фактический объем переданной или полученной информации, при этом средняя скорость передачи данных составляет 20–40 Кбит/с.

В настоящее время GPRS предоставляет абонентам максимальную возможность «быть всегда на связи», обеспечивая недорогой доступ к Интернет или корпоративным сетям.

Проведем небольшие расчеты. Приблизительный объем данных при передаче RTK-поправок составляет около 570 Кбайт/час. Стоимость передачи 1 Мбайт данных GPRS в сети МТС равна 0,3 дол. (с учетом НДС и НП). Таким образом, цена 1 часа работы (база + ровер) составит около

0,3 дол. Отсюда, стоимость в месяц будет равна: 0,3 дол. x 8 часов x 24 дня = 60 дол.

Что касается зон GPRS-покрытия, то они пока невелики и распространяются, в основном, на мегаполисы. Но в планах всех операторов — расширение GPRS-услуг на всю территорию действия сети сотовой связи. На рис. 1 приведена карта GPRS-покрытия в Москве и Московской области компании МТС (карта взята с официального сайта компании МТС [www.mts.ru](http://www.mts.ru)).

Было решено провести испытания с целью проверки возможностей выполнения GPS-съемки в режиме RTK с использованием услуги GPRS. Для этого было выбрано следующее оборудование: двухчастотные GPS-приемники Trimble (5700 — базовый, 5700 и 5800 — мобильные) — рис. 2, два полевых контроллера Trimble (TSCe и ACU) с программой Survey Controller 10.7 и два мобильных телефона Siemens (M55 и S55) с функцией GPRS. В качестве провайдера была выбрана компания МТС.

Начальный этап включал настройку GPRS-подключения на обоих контроллерах. Этот процесс достаточно подробно описан на сайтах операторов связи для стандартных операционных систем. Поскольку контроллеры Trimble работают под операцион-



Рис. 2  
GPS-съемка в режиме RTK



Рис. 1  
Карта GPRS-покрытия в Москве и Московской области компании МТС

ной системой Windows CE, то настройка GPRS не вызвала особых затруднений.

Следующая операция предусматривала настройку параметров связи базового и мобильных GPS-приемников. Она выполняется с помощью программы Trimble Survey Controller, которая установлена в контроллерах и используется для управления GPS-приемниками и ведения съемки. Первоначально запускается базовый GPS-приемник в режиме базовой RTK-станции и, после инициализации мобильного телефона, определяется его текущий IP-адрес. Далее запускается подвижный приемник в режиме RTK-съемки. В настройках параметров съемки подвижного приемника необходимо указать такой же IP-адрес базового приемника. Запустив RTK-съемку на подвижном приемнике, оператор должен увидеть статус приема поправок и начало процесса инициализации съемки. После завершения инициализации на дисплей выводится текущая точность, после чего можно приступить непосредственно к определению координат точек.

В рассматриваемом варианте можно предложить два способа запуска базовой RTK-станции для передачи RTK-поправок через GPRS-соединение.

Один из них заключается в использовании на базовой станции

сотового телефона с активированной услугой GPRS для трансляции поправок. Этот способ удобен в том случае, когда требуется установить временную базовую станцию непосредственно в районе работ и выполнить съемку близлежащей территории. Таким образом, обеспечивается возможность работы на минимальном удалении подвижного приемника от базовой станции, что гарантирует быструю инициализацию фазовых измерений. Этот способ универсален и позволяет развернуть базовую RTK-станцию в любом месте при условии нахождения в области покрытия сотовой связи. Недостатком является необходимость оплачивать исходящий трафик для базового телефона и короткое время автономной работы мобильного телефона. Для решения последней проблемы можно использовать специализированный GSM/GPRS-модем с внешним питанием.

При наличии качественного Интернет-канала базовый приемник можно установить в офисе и направлять RTK-поправки от приемника GPS на выделенный IP-адрес посредством компьютерной сети. В этом случае в комплект базового RTK-приемника вообще нет необходимости включать мобильный телефон. Подвижный приемник GPS, «выйдя» в Интернет с использованием GPRS-соединения, будет «забирать» RTK-поправки по фиксированному IP-адресу. Этот способ предназначен для организации базовой станции постоянного действия и позволяет снизить оплату услуг сотового оператора ровно в два раза.

Поскольку компьютерная сеть компании «Навгеоком» отвечала требованиям по скорости и надежности Интернет-канала, а двухчастотная антенна GPS уже была установлена на крыше 26-ти этажного здания, для испытаний был выбран второй способ. Приемник Trimble 5700 был подключен по последовательному порту к персональному компьютеру и с помощью специализированного программного обеспече-

ния запущен в режиме базовой RTK-станции. После запуска базового приемника GPS на короткой базовой линии было определено, что RTK-поправки стабильно принимаются подвижным приемником, и инициализация фазовых измерений происходит в течение 5 сек.

**После этого были начаты полевые испытания.** Подвижный приемник Trimble 5700 был расположен в автомобиле, антенна Trimble Zephyr установлена на магнитном креплении на его крыше, а управление приемником осуществлялось с помощью контроллера Trimble ACU.

Было решено оценить качество приема RTK-сигналов в условиях города и пригорода, передвигаясь на автомобиле. Кроме того, по мере удаления от базовой станции осуществлялись остановки для того, чтобы оценить надежность и точность координат, получаемых во время съемки отдельных объектов.

В непосредственной близости от места установки базового приемника, на площадке в условиях городской застройки время инициализации составило 15 сек. Точность определения координат точек с доверительной вероятностью 99,9% в среднем составила 3 см в плане и 4 см по высоте, что объясняется малым количеством спутников и их плохим геометрическим расположением. Напомним, что после срыва инициализации для ее восстановления необходимо отслеживать пять общих спутников по двум частотам. Однако, в центре Москвы нами была отмечена ситуация, когда даже при наличии пяти общих спутников инициализация не происходила, при этом соединение с базовой станцией было установлено. По нашему мнению, это могло быть связано с сильной загрузкой сотового канала в конкретном районе.

На расстояниях 8, 9 и 12 км инициализация во время движения восстанавливалась «на лету», а точность определения координат в среднем составляла 2 см в плане и 3 см по высоте.

За пределами Москвы первая остановка была сделана на расстоянии 19,2 км от базовой станции. Инициализация в режиме OTF на таком расстоянии потребовала значительного времени — около 1,5–2 мин. Точность по-прежнему находилась на уровне нескольких сантиметров. Проблем с каналом передачи поправок выявлено не было, инициализация держалась стабильно. По нашему мнению это объясняется меньшей загрузкой сотового канала по сравнению с Москвой.

Следует отметить, что при работе на такой дальности от базовой станции после срыва инициализации ее рекомендуется восстанавливать методом «по известной точке». Применение этого способа дает отличные результаты — время повторной инициализации составляет около 10–15 сек.

На расстояниях порядка 24–26 км точность существенно не падала, но при этом время инициализации OTF увеличивалось до 4–5 мин.

Максимальное удаление от базовой станции, на котором удалось добиться фиксированного решения в режиме RTK с передачей поправок по каналам сотовой связи, составило 28,6 км. Время инициализации составило около 8–10 минут, точность все еще оставалась на уровне первых сантиметров.

Кроме того, были проведены измерения в режиме RTK с приемником Trimble 5800. Отличительной особенностью приемников и контроллеров Trimble последнего поколения является наличие в них модулей беспроводной связи Bluetooth. Следует отметить, что телефон Siemens S55 также имеет встроенный модуль Bluetooth, так что в съемочный комплект входило три устройства (приемник Trimble 5800, контроллер Trimble ACU и мобильный телефон Siemens S55), которые взаимодействовали между собой без кабелей (рис. 3). Из геодезической практики известно, что соединительные кабели являются наиболее слабым элементом, периодически требующим либо

ремонта, либо замены.

Следует напомнить, что для успешной реализации опробованного метода необходимо обязательно находиться в области покрытия GPRS. Пока что это лишь территории крупных городов — Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска и прилегающих к ним областей. Однако уже в ближайшем будущем можно рассчитывать на работу в режиме RTK на всех плотно заселенных территориях.

Для тех областей, где услуга GPRS отсутствует, передача RTK-поправок может осуществляться с использованием стандарта GSM, поддерживающего услугу передачи данных. Эта методика была протестирована ранее и успешно используется производственным отделом компании «Навгеоком».

**Выполненные полевые испытания позволяют сделать следующие выводы.**

1. Передача поправок с помощью GPRS по сравнению с традиционным радиоканалом на основе УКВ радиомодемов дает следующие преимущества:

- нет необходимости в получении разрешения ГРЧЦ на использование фиксированного номинала радиочастоты;

- достигается значительный выигрыш по стоимости (стоимость комплекта сотовых телефонов (модемов) на порядок меньше комплекта УКВ-радиомодемов);

- нет необходимости в прямой радиовидимости между мобильным телефоном базовой станции и телефоном, установленным на подвижном приемнике;

- обеспечивается быстрое развертывание базовой RTK-станции в полевых условиях;

- появляется возможность отправлять по электронной почте результаты измерений сразу в офис и получать оттуда файлы с пунктами обоснования на новые объекты.

2. Однако, для успешной работы в режиме RTK, необходимо соблюдать следующие условия:

- необходим надежный канал для передачи поправок RTK

от базовой станции к подвижному приемнику с частотой 1 раз в секунду (1 Гц);

- для успешной инициализации съемки необходимо, чтобы все приемники одновременно и непрерывно отслеживали сигналы минимум от пяти общих спутников по двум частотам;

- подвижные приемники должны поддерживать режим инициализации фазовых измерений на лету (OTF);

- при сбое в приеме поправки RTK-инициализация срывается, при этом точность измерений резко падает. Для возврата точности на сантиметровый уровень необходимо дождаться восстановления инициализации и только после этого продолжить RTK-съемку;

- для достижения наибольшей производительности при выполнении съемки в режиме RTK (с временем OTF-инициализации не более 10–15 сек.) не следует удаляться от базовой станции на расстояния свыше 10–12 км.

3. На городских территориях рассматриваемый метод имеет ряд ограничений в связи с особенностями городской застройки. А именно, необходимо строго обеспечить отслеживание минимум пяти общих спутников по двум частотам, а также убедиться в том, что для данной территории загруженность сотового канала позволяет обеспечить прием RTK-поправок. По нашему мнению большая часть городских территорий не отвечает этим требованиям и поэтому не позволяет использовать данный метод с должной эффективностью.

Наибольший эффект и универсальность для полукрытых территорий будет достигаться путем комбинирования GPS-съемки в режиме RTK и в режиме с постобработкой. Для закрытых территорий рекомендуется совместное использование GPS и традиционного оборудования (электронных тахеометров). Такой комплект обеспечит возможность проведения геодезических работ практически в любых условиях с максимальной производительностью.



**Рис. 3**  
*Работа с тремя устройствами без использования соединительных кабелей*

4. Наибольшие преимущества и перспективы этот метод имеет при работе на открытых незастроенных (сельских) территориях, позволяя оперативно проводить сгущение опорной съемочной сети, выполнять топографическую съемку, межевание земель и др. Для достижения сантиметровой точности время наблюдений на точке в режиме RTK составляет 5–10 сек.

Авторы надеются, что данная статья послужит своеобразным импульсом к началу использования современных методик RTK-съемки в российской геодезической практике. По нашему убеждению только массовое использование RTK-технологий с передачей корректирующей информации по каналам GSM поможет ответить на многие вопросы, оставшиеся за рамками статьи.

#### RESUME

Contemporary geodetic GPS technologies combined with the latest achievements in the field of communications facilities provide for a higher capacity together with the work efficiency increase. There presented the first results of the running tests of the satellite receivers operating in the RTK mode with the amendment transmission via mobile telephones with the GPRS service switched on.