

РАСШИРЯЯ ГРАНИЦЫ GNSS

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОДАТЧИКОВ И ТЕХНОЛОГИИ TRIMBLE SUREPOINT
ПОДВИЖНЫМИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИЕМНИКАМИ ПОВЫШАЕТ ТОЧНОСТЬ И
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СЪЕМКИ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

**РАСШИРЯЯ ГРАНИЦЫ GNSS: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОДАТЧИКОВ И ТЕХНОЛОГИИ
TRIMBLE SUREPOINT ПОДВИЖНЫМИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИЕМНИКАМИ ПОВЫШАЕТ
ТОЧНОСТЬ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СЪЕМКИ**

КАРЛ ТОМПСОН

ВЕСТМИНСТЕР, КОЛОРАДО США

РЕЗЮМЕ

Точность GNSS измерений существенно зависит от умения геодезиста устойчиво удерживать вежу в вертикальном положении («выставить уровень») в течение всего периода измерений на точке. Выполняя съемку, геодезисты вынуждены тратить дополнительное время на установку вежи в вертикальное положение во время измерений. Приемник Trimble R10 GNSS оснащен новейшей технологией определения ориентировки, названной Trimble SurePoint™, которая сокращает время, необходимое для выполнения точных геодезических измерений, и предлагает интуитивно понятный процесс геодезической съемки.

В этой брошюре описано, как с помощью технологии Trimble SurePoint обеспечивается наивысший уровень точности в полевых условиях благодаря:

- Защите от записи ошибочных данных, вызванных большим наклоном вежи
- Быстрым и надежным измерениям, выполненным с использованием электронного уровня (новая функция Trimble eBubble) на экране контроллера
- Обеспечению дополнительного контроля измерений в результате записи параметров наклона вместе с координатами

Survey & Engineering Division, 10355 Westmoor Drive, Suite #100, Westminster, CO 80021, USA

© 2012, Trimble Navigation Limited. Все права защищены. Trimble, логотип Глобус & Треугольник, SurePoint и Access – торговые марки Trimble Navigation Limited, зарегистрированные в Бюро Патентов и Торговых марок США и других странах. Все другие торговые марки являются собственностью соответствующих владельцев. Последнее обновление Август 2012.



РАСШИРЯЯ ГРАНИЦЫ GNSS

Эта брошюра содержит информацию о том, как использование дополнительных датчиков в GNSS приемнике радикально меняет процесс геодезических измерений. Точность GNSS измерений существенно зависит от умения геодезиста устойчиво удерживать вежу в вертикальном положении («выставить уровень») в течение всего периода измерений на точке. Выполняя съемку, геодезисты вынуждены были тратить дополнительное время на установку вежи в вертикальное положение во время измерений. После завершения съемки не остается никаких подтверждающих записей о том, насколько устойчиво геодезист держал антенну приемника или была ли вежа вертикальна во время измерений. Расширяя границы традиционных GNSS измерений, приемник Trimble R10 GNSS оснащен новейшей технологией определения ориентировки, названной Trimble SurePoint™, которая сокращает время, необходимое для выполнения точных геодезических измерений, и предлагает интуитивно понятный процесс геодезической съемки.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИ РАБОТЕ С ТАХЕОМЕТРАМИ

Геодезисты, знакомые и с GNSS приемниками, и с электронными тахеометрами, знают, что оба типа геодезических систем позволяют выполнять точные измерения, но работают по разным принципам, имея свои уникальные преимущества. Электронные тахеометры – это электромеханические приборы, точно измеряющие углы и расстояния для определения координат объекта съемки. Они требуют весьма аккуратной установки и используют встроенные электромеханические датчики для непрерывного контроля любого сдвига инструмента. В некоторых случаях электронные тахеометры могут выполнять автоматическую коррекцию ошибок, вызванных их наклоном. Встроенные компенсаторы, позволяющие скорректировать незначительное изменение горизонтирования инструмента, весьма полезны. Эти устройства компенсируют незначительные отклонения инструмента от вертикали, обеспечивая высокую точность угловых измерений даже при небольшом сдвиге оптического наведения.

В большинстве электронных тахеометров реализованы сложные методики обнаружения и коррекции ошибок горизонтирования инструмента в реальном времени, позволяющие учитывать не только данные компенсаторов. Технология Trimble SurePoint, встроенная в

электронные тахеометры Trimble серии S – одна из наиболее современных технологий обнаружения и коррекции ошибок. Точность Trimble SurePoint значительно превышает возможности обычных компенсаторов, позволяя электронным тахеометрам Trimble серии S выполнять точные измерения и сохранять наведение на цель даже при проседании ножек штатива, вибрации и других нежелательных воздействиях на инструмент после его установки. При случайном толчке инструмента, например, при сильном нажатии на кнопку запуска измерения, инструмент автоматически выполнит тонкую подстройку для возвращения на исходную точку наведения. Технология Trimble SurePoint исключает традиционные ошибки наведения, вызванные небольшими ненамеренными сдвигами инструмента.



Рисунок 1: Технология Trimble SurePoint устраняет ошибки горизонтирования в электронных тахеометрах Trimble серии S

ТЕХНОЛОГИЯ SUREPOINT ДЛЯ GNSS

Ошибки, аналогичные неправильной установке электронного тахеометра, случаются и с GNSS системами - если вежа с антенной расположена не строго вертикально или колеблется при выполнении измерений. Ошибки определения координат, вызванные наклоном вежи, могут оказаться велики, и зависят от того, насколько точно геодезист выставил вежу и насколько устойчиво ее удерживает. Обычно наклон или колебания вежи при съемке может обнаружить в

поле только сам геодезист; при этом информация о наклоне вехи нигде не сохраняется.

До настоящего момента геодезические GNSS приемники были чисто электронными приборами, точно измеряющими дальности и время. Без встроенных электромеханических угловых датчиков GNSS приемники не имели возможности контроля изменения наклона. Для этой цели геодезисты использовали процедуры и технологии, снижающие возможность появления ошибок центрирования из-за наклона вехи. Использование бипода - один из лучших способов устранения таких ошибок. Другим способом является увеличение периода наблюдений на точке для получения осредненного значения из серии измерений. Если при наблюдении серии геодезисту удастся удерживать веху ровно, то осредненные координаты будут с большой степенью вероятности соответствовать измерению с точно вертикально установленной вехой.



Рисунок 2: Ошибка центрирования увеличивается при наклоне вехи

Основным минусом при выполнении серии измерений или использовании бипода является существенное увеличение времени, необходимое на измерение каждой точки. Одна из лучших возможностей увеличения производительности GNSS измерений состоит в уменьшении времени, необходимого на установку вехи в вертикальное положение, и сокращение времени измерения при таком положении вехи.

Развитие Микро-Электронно-Механических Систем (МЭМС) сделало возможным создание точных, надежных и миниатюрных датчиков для решения самых различных задач. Созданные на основе акселерометров инерциальные датчики были уменьшены и упрощены, что привело к повышению их надежности и повторяемости при общем снижении энергопотребления.

Современные МЭМС датчики изменили все – от игровых контроллеров до космических кораблей. Сегодня МЭМС датчики вносят серьезные изменения в инструменты GNSS. С успехом применяемая в электронных тахеометрах Trimble серии S технология Trimble SurePoint, встроенная в GNSS приемник Trimble R10, позволила создать передовую геодезическую GNSS систему. Технология Trimble SurePoint в GNSS приемнике Trimble R10 использует высококачественные датчики для ускорения процесса GNSS измерений, а также повышения точности и уверенности в результатах.

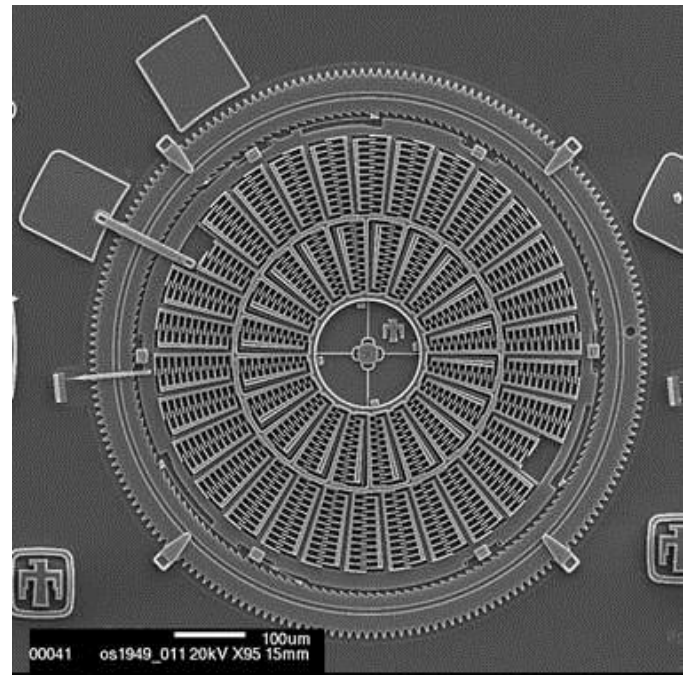


Рисунок 3: Торсионный механизм датчика МЭМС при большом увеличении. Фотография предоставлена Sandia National Laboratories, SUMMIT™ Technologies, www.mems.sandia.gov.

Технология Trimble SurePoint позволяет улучшить процесс GNSS съемки в нескольких направлениях:

- Исключается необходимость переключать внимание с уровня вехи на экран контроллера. Благодаря автоматическому определению наклона вехи ее отклонение от вертикали отображается прямо на экране контроллера в виде пузырька электронного уровня разного цвета.
- Кроме отображения на экране, система также записывает информацию о наклоне вехи вместе с измерениями.
- Технология Trimble SurePoint также использует изменение наклона вехи для управления записью, превращая измерение точек в простую, интуитивно понятную процедуру.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УРОВЕНЬ

Благодаря установленным в Trimble R10 точным датчикам наклона МЭМС, электронный уровень eBubble выводится прямо на экран контроллера с программой Trimble Access™. Теперь геодезистам не нужно переключать внимание с экрана контроллера на уровень вехи, чтобы убедиться в ее вертикальном положении. Вместо этого, они могут сосредоточиться на работе с Trimble Access, и выставить веху, используя изображение уровня eBubble на экране. Не отвлекая своего внимания от экрана контроллера, вы можете существенно сократить время, необходимое на измерение точки.

Помимо этого, изображение уровня eBubble четко указывает на то, что наклон вехи находится в пределах заданного вами допуска. При выходе за границу допуска уровень eBubble отображается красным цветом, а при нахождении в заданных пределах - зеленым. Такая ясная индикация предоставляет пользователю уверенность в достоверности результатов и помогает в течение рабочего дня сэкономить несколько минут на установку вехи.

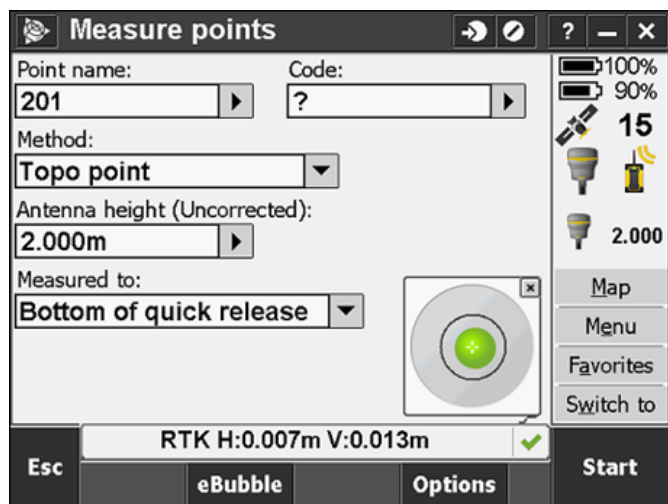


Рисунок 4: Экран eBubble в Trimble Access

БЫСТРЫЕ И ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Технология Trimble SurePoint позволяет пользователю быстро выполнять измерения и тратить меньше времени на проверку вертикального положения вехи. Встроенная в Trimble R10 технология Trimble HD-GNSS производит точные вычисления координат несколько раз в секунду. Такие быстрые непрерывные измерения позволяют Trimble R10 осреднить большой набор координат за короткое

время. Для измерения на точке пользователю достаточно сохранять вертикальное положение вехи в течение всего пары секунд. Интуитивно понятная работа с электронным уровнем eBubble и быстрое обновление координат значительно ускоряют процесс сбора данных. Чтобы выполнить измерение точки, необходимо непродолжительное время устойчиво удерживать веху. Если веха будет наклонена во время измерений, пользователь получит предупреждение, позволяющее ему при необходимости выполнить измерение еще раз. Знание того, что система отслеживает наклон и может выдать соответствующее предупреждение, вынуждает оператора тщательно удерживать веху. Все это приводит к повышению качества и производительности работы.

Сочетание технологии быстрых измерений Trimble HD-GNSS и простой контроль наклона вехи Trimble SurePoint сокращает время измерения точки на 30-50 процентов. Топографическая съемка площадных объектов может быть выполнена значительно быстрее, чем при работе с системой, не оснащенной технологией Trimble SurePoint. Это преимущество может оказаться чрезвычайно важным моментом при выборе системы в современной обстановке конкурентной активности.

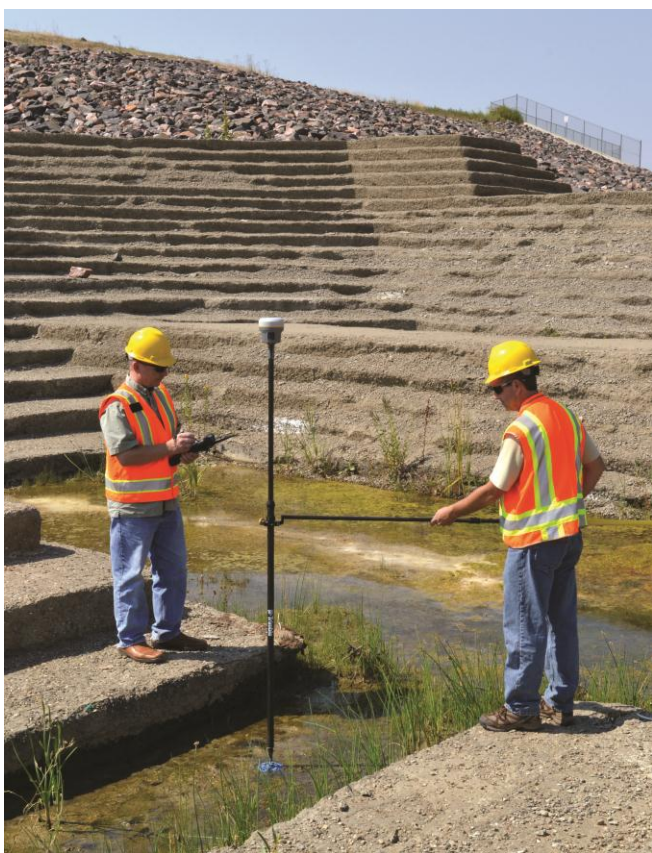


Рисунок 5: Технология Trimble SurePoint расширяет возможности съемки несколькими операторами

Другим преимуществом технологии Trimble SurePoint является снижение нагрузки на оператора. Используя Trimble R10, пользователи тратят меньше времени на установку веши в вертикальное положение на каждой точке. При выполнении сотен измерений в день, дополнительные секунды концентрации могут привести к сильной усталости. Зная, что система контролирует наклон, оператор может тратить меньше физических сил на удержание веши. Когда для выполнения работы требуется несколько геодезистов, например, при съемке трубопроводов, один из них устанавливает вешу, а другой в это время контролирует измерения с помощью контроллера. При укладке трубы в глубокую траншею, установка веши на трубу в вертикальном положении требуют от геодезиста повышенного внимания. Второй член бригады в это время выполняет измерения с помощью контроллера. Обычно оператор с контроллером не всегда успевает следить за наклоном веши, поэтому зачастую измерения могут сохраняться при ее значительном отклонении от вертикали.

Технология Trimble SurePoint значительно облегчает все такие операции, предоставляя оператору контроллера полную информацию о положении веши, включая отображение электронного уровня eBubble на экране.

Теперь при решении многих задач бипод можно оставлять в автомобиле, чтобы сделать систему более легкой для переноски. При плохой погоде или сложном рельефе местности сокращение времени, необходимого на выполнение съемки, является важнейшим фактором снижения нагрузки на геодезистов.

ТРАССИРУЕМОСТЬ ДАННЫХ

При установке веши с антенной GNSS приемника с помощью традиционного круглого уровня никакие данные об угле наклона веши во время измерения точки не сохраняются. Однако при точных GNSS измерениях любые ошибки позиционирования должны быть учтены независимо от квалификации и методов работы геодезиста. Благодаря технологии Trimble SurePoint вместе с записью каждой измеренной точки всегда сохраняется информация об угле наклона веши. Значение допуска для угла наклона заранее установлено, поэтому система всегда предупредит оператора перед записью точки, если наклон превысил пределы допуска. Геодезист может отменить запись или выполнить повторное измерение, если считает, что наклон веши слишком велик.

При записи каждой точки на экран выводятся значения угла наклона и расстояние на земной поверхности, вычисленное по углу и текущей высоте антенны. Эту информацию можно посмотреть в меню **Просмотр проекта** полевого программного обеспечения Trimble Access. Информация о наклоне веши сохраняется в файле проекта (JOB файле) и выводится при просмотре свойств точки в офисном программном обеспечении Trimble Business Center.

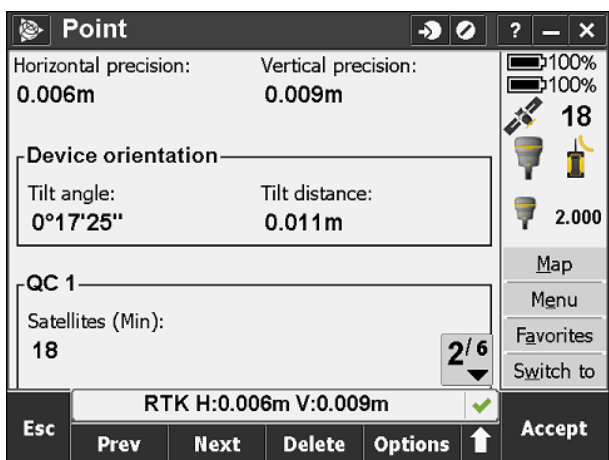


Рисунок 6: На экране Просмотр проекта ПО Trimble Access выводится информация о наклоне вехи.

УПРАВЛЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ДВИЖЕНИЯ

Еще одним важным преимуществом применения технологии Trimble SurePoint в Trimble R10 является возможность управления съемкой с помощью изменения ориентировки приемника. Благодаря появлению современных МЭМС датчиков растет число устройств, в которых их физическое перемещение используется для управления. Так, например, в смартфонах ориентация экрана автоматически меняется в зависимости от того, в каком положении пользователь держит телефон. В видеоиграх для управления используют движение и ускорение контроллера вместо нажатия на кнопки. В дистанционно управляемых машинах, датчики движения используются как на станциях управления, так и на самих машинах. Теперь и Trimble R10 использует данные о своей ориентировке в пространстве для управления записью, делая процесс съемки еще более интуитивно понятным.



Рисунок 7: Создание сложных БПЛА стало возможным благодаря появлению новейших МЭМС датчиков. Экспериментальный БПЛА NASA

Global Hawk, фотография предоставлена NASA Dryden Flight Research Center

В полевых условиях пользователь просто выбирает пункт **“Автосъемка наклоном”** в меню Точек съемки или Быстрых точек и нажимает кнопку **Начать**. На экране Trimble Access появляется сообщение **“Ожидание горизонтирования”**. В этот момент система ожидает, когда веха будет установлена вертикально. Пузырек электронного уровня eBubble отображается красным цветом до тех пор, пока наклон вехи находится за пределами установленного допуска.

Как только наклон вехи войдет в пределы заданного допуска, пузырек электронного уровня eBubble станет зеленым. Если веха будет удерживаться вертикально (в пределах допуска) некоторое время, система начнет измерение на точке. Если точность измерений соответствует заданному допуску для автоматического сохранения или пользователь вручную сохранит точку, на экране ПО Trimble Access появится сообщение **“Ожидание перемещения”**. Если после этого наклонить веху более чем на пять градусов, то система перейдет в режим **“Ожидание горизонтирования”** и будет готова для перехода к новой точке съемки. Для завершения последовательности **“Автосъемка наклоном”** пользователю нужно нажать кнопку **Заверш.**

Геодезист может очень быстро производить съемку точек, подготавливая приемник к следующему измерению простым наклоном вехи во время движения к точке, и начиная новое измерение установкой вехи в вертикальное положение. При работе в режиме **“Автозапись”** для выполнения измерения нет необходимости нажимать кнопки на контроллере. Геодезист получает подтверждающий звуковой сигнал **“Наблюдения сохранены”**, начинает движение к новой точке с наклоном вехи более пяти градусов, и, прибыв на новую точку, уже готов снимать следующую точку. Эти процедуры интуитивно понятны, и геодезисты быстро привыкают к такому методу управления. Процесс съемки становится очень динамичным и требует минимум времени на измерение точки.

БУДУЩЕЕ НАЧИНАЕТСЯ СЕГОДНЯ

Контроль наклона в электронных тахеометрах был важным преимуществом этих инструментов. Сегодня, с появлением приемника Trimble R10 аппаратура GNSS выходит на новый уровень развития.

Электронный уровень eBubble позволяет геодезисту сосредоточиться на работе с экраном контроллера. Вместе с технологией Trimble HD-GNSS эти функции Trimble R10 дают возможность выполнять измерения быстро и точно.

Сохранение информации о наклоне вехи вместе с данными измерений точки в файле проекта обеспечивает невиданный ранее уровень контроля качества и точности GNSS измерений.

Использование физического перемещения Trimble R10 для управления полевым программным обеспечением при производстве измерений автоматизирует процесс съемки. Это позволяет геодезистам уделять еще больше внимания выполняемой работе, не отвлекаясь на размышления о том, какую кнопку и когда нажимать.

Приемник Trimble R10 с технологией Trimble SurePoint обеспечивает беспрецедентную скорость и точность измерений при выполнении любых видов геодезических работ, и имеет заметные преимущества в производительности перед традиционными GNSS приемниками.

Гост применим к геодезическому оборудованию и приборам.