

О СПОСОБАХ ВЫПОЛНЕНИЯ GNSS-СЪЕМОК РАЗЛИЧНОГО

НАЗНАЧЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

В.Р.Ниязов,

**(PhD) докторант, Самаркандского государственного архитектурно строительного
института им. Мирзо Улугбека,**

Аннотация: В данной статье приводятся рекомендации по проведению съемок GNSS различного назначения в Республике Узбекистан, рекомендации по определению координат геодезических точек вокруг месторождений, а также возможность определения местоположения точек GNSS вблизи месторождений. Рассматриваются вопросы оптимизации координат точек спутниковой геодезической сети Узбекистана и их привязки к международным стандартам с использованием современных информационных технологий.

Ключевые слова и фразы: GNSS, GPS, WGS-84, вектор, кинематическая "real-time" съемка, кинематика "stop-and-go".

Основным режимом сбора данных для всех GNSS съёмок является наблюдение базовых линий (векторов). В простейшем случае один из приемников помещается на точку с известными координатами, а другой помещается на точку, пространственное положение которой необходимо определить. В течение определенного периода времени, зависящего от конкретного вида съемки, производится наблюдение базовой линии, после чего приемник перемещается на следующую точку.

Одним из наибольших отличий GPS съёмок по сравнению с традиционными видами геодезических съемок заключается в том, что приращения координат между станциями вычисляются на математическом эллипсоиде WGS-84 (World Geodetic System), а не в принятой плановой системе координат. При этом вычисляется относительное положение определяемых станций относительно базовых, которые затем трансформируются на используемую модель эллипсоида в принятой картографической проекции, например на эллипсоид Красовского в прямоугольной проекции Гаусса. Существует несколько способов трансформации координат с

эллипсоида WGS-84 в пользовательские системы координат. Среди них наиболее распространенными являются способ "3 параметра" (Молоденского), способ "7 параметров", способ пространственного вращения сети и полиномиальная регрессия.

Все вычисления в GPS производятся в геоцентрической системе координат с использованием параметров математического эллипсоида WGS-84, центр которого совпадает с центром тяжести Земли.

Существуют несколько технологий, используемых для наблюдения векторов в геодезической GPS сети. Эти методы сбора данных со спутников различны по точности определения координат пунктов, времени наблюдений и производительности. Однако существует несколько условий, соблюдение которых необходимо для успешного выполнения любого вида GPS съемки:

1. Для выполнения геодезических GPS наблюдений векторов необходимо обеспечить одновременную работу как минимум двух GPS приемников, с последующим объединением накопленных ими данных.
2. Одновременный прием спутникового радиосигнала как минимум от четырех спутников, что бывает иногда затруднительно обеспечить в застроенных и рельефных районах.
3. Отсутствие в районе выполнения GPS измерений мощных работающих теле- и радиотрансляционных устройств, которые могут заглушать или искажать принимаемый со спутников радиосигнал.

Основные технологии GPS съемок приведены ниже, в таблице, в порядке возрастания точности определения координат.

Основные технологии GPS съемок

№№	Название технологии, время измерения	Точность, м	Область применения
1.	Навигационный режим, непрерывное слежение	10-15	Поиск точки по заранее известным координатам, поиск потерянных объектов по известным координатам, рекогносцировка местности

2.	Кинематика "real-time", 20-30 секунд на точку	0.1-0.3	Локальные топографические съемки и разбивочные работы с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала. Координаты вычисляются прямо в поле. Необходимо наличие радиомодема
3.	Кинематика "continuous", непрерывное слежение	0.05-0.2	Локальные топографические съемки линейных и площадных объектов в условиях очень хорошего приема спутникового радиосигнала
4.	Кинематика "stop-and-go", 20-30 секунд на точку	0.01-0.03	Локальные топографические съемки с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала, создание съемочного обоснования
5.	Быстрая статика, 20-30 минут на точку	(1-3) $\times 10^{-3}$	Высокоточные геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 10 км.
6.	Статика, 40-60 минут на точку и более	(1-3) $\times 10^{-3}$	Высокоточные геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 2000 км.

1. Навигационный режим как правило имеют все GPS приемники. При использовании этого режима на дисплее приемника или его контроллера непрерывно отображаются данные о пространственном положении приемника, скорости его перемещения и азимуте движения. Как правило, имеется также возможность ввести координаты точки назначения, в этом случае приемник будет показывать расстояние до этой точки, направление на нее и время прибытия на эту точку, если приемник будет продолжать двигаться с постоянной скоростью. Оператор приемника может также пометить точку стояния как особенную, и приемник запишет ее координаты во внутреннюю память. Хотя этот способ съемки имеет самую низкую точность, он широко используется для поиска по известным координатам таких малоприметных объектов как центры

пунктов геодезической сети с уничтоженными наружными знаками, колодцев подземных коммуникаций и других объектов.

2. Кинематическая "real-time" съемка используется в тех случаях, когда необходимо получать координаты прямо в поле. Они могут быть использованы для выноса проектных решений на местность, топографических съемок с вычерчиванием плана в поле и других работ. Необходимым условием для выполнения данного вида съемки является возможность получения ионосферных поправок либо с помощью радиомодема по выделенному радиоканалу, либо от специальных радиомаяков, к сожалению пока практически отсутствующих на территории России. Отличительной особенностью любого вида кинематической съемки является то, что перед ее началом необходимо выполнить специальную операцию инициализации приемника продолжительностью 5-20 минут. Другой особенностью кинематической съемки является требование постоянного слежения как минимум четырех спутников, а в случае нарушения этого условия требуется повторно выполнить операцию инициализации.

3. Кинематика "continuous" применяется для непрерывного точного определения пространственных координат движущегося приемника. Этот метод очень часто используется для топографического картирования на открытой местности с хорошими условиями для передвижения и наблюдения спутников. При использовании этого вида съемки приемник может быть установлен на специальную вешку фиксированной высоты или крышу автомобиля. В этом случае расчет вектора производится в каждую эпоху приема радиосигнала от спутника с интервалом 1-60 секунд. Это позволяет получить непрерывную цепочку координат точек передвижения приемника. Этот вид съемки обеспечивает высочайшую производительность при съемке больших площадных объектов, автодорог и других объектов с выдачей результата съемки в электронном виде во всех популярных обменных форматах данных.

4. Кинематика "stop-and-go" является эквивалентом традиционной тахеометрической съемки. В этом виде съемки оператор в приемником либо стоит на определяемой точке в течение 20-30 секунд (stop) либо перемещается между определяемыми

точками (go). Во время остановки происходит запись принимаемого от спутника радиосигнала во внутреннюю память приемника, а также записывается высота антенны и идентификационный номер точки стояния, по которому можно определить вид отснятого объекта. Во время перемещения между точками запись данных в память не производится, но приемник продолжает непрерывно отслеживать спутники.

5. Статическая и быстростатическая съемки являются традиционными и самыми распространенными видами GPS съемок. Эти методы требуют чтобы как минимум два GPS приемника, расположенные на двух концах базовой линии, одновременно принимали спутниковый радиосигнал в течение 20-60 минут, в зависимости от длины базовой линии, числа спутников, их взаимного расположения в пространстве и других факторов. Большое количество данных, накапливаемых за время съемки, позволяет решить некоторые технические проблемы, которые не могут быть решены при более коротком периоде наблюдений. Эти виды съемок обеспечивают очень высокую точность определения координат и используются подразделениями Госкомземгеодезкадастра при создании высокоточных спутниковых геодезических сетей в Узбекистане.

Помимо задач по развитию Государственных геодезических сетей наше предприятие принимает участие в создании и реконструкции маркшейдерско-геодезических сетей по заказам Навоийского горно-металлургического комбината, Мурунтауского золотного разреза и других горно-добывающих предприятий Узбекистана. В работах такого рода наше предприятие широко использует GPS-приёмники различного назначения и класса точности.

Основной проблемой, решаемой при помощи спутниковой геодезической аппаратуры на горных предприятиях, является создание и реконструкция опорных и съемочных маркшейдерско-геодезических сетей. Необходимость подобного рода работ может быть вызвана, как минимум, двумя причинами. Первая причина - ввод в эксплуатацию новых промышленных объектов, таких, как карьеры, отвалы пустых пород, россыпи, шламоотстойники и другие. Вторая причина - необходимость реконструкции существующей опорной сети, когда часть ее пунктов в результате хозяйственной

деятельности горнодобывающего предприятия утрачена, а координаты сохранившихся пунктов в результате техногенного воздействия горных разработок на верхнюю часть земной коры претерпели значительные изменения.

В обоих случаях очень важным является вопрос выбора пунктов государственной геодезической сети, от которых будет осуществляться привязка опорной маркшейдерской сети. Как показывают исследования, проведенные кафедрой геодезия и картография, строительство инженерных коммуникаций факультетом Самаркандского государственного архитектурно-строительного института им. Мирзо Улугбека и опыт Самаркандского аэрогеодезического предприятия, в качестве основы для опорной сети следует выбирать пункты государственной геодезической сети более высокого класса, расположенные на удалении от района горных разработок на 5-10 км. В результате такой совместной увязки сетей с применением алгоритмов уравнивания выявляются пункты, координаты которых претерпели значительные изменения и должны быть переопределены, а также пункты, координаты которых изменения не претерпели и которые можно считать условно неподвижными. После дополнительных наблюдений совместная сеть строго уравнивается и от условно неподвижных пунктов сети переопределяются координаты пунктов сети, расположенных в относительной близости от района работ. Дальнейшее определение координат новых пунктов опорной маркшейдерской сети и переопределение старых производится уже от вблизи расположенных пунктов государственной геодезической сети и пунктов маркшейдерской опорной сети, координаты которых были переопределены в предыдущем уравнивании. Такая технология работ позволяет существенно снизить затраты времени на определение координат пунктов маркшейдерской опорной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Республики Узбекистан «О геодезии и картографии».
2. Программа топографо-геодезического и картографического обеспечения Республики Узбекистан на период 2011-2015 гг. – Т.: Госкомземгеодезкадастр, 2010.

3. Инструкция по построению государственной спутниковой геодезической сети с применением спутниковых навигационных систем - Т.: Узгеодезкадастр, 1999.
4. Ostroumov V.Z., Shanurov G.A., Maslennikov A.V. Improving the accuracy of determining the heights of tier posts // Geodesy and Cartography. 2003№ 11. (rus).
5. Assessment of height variations by GPS at Mediterranean and Black Sea coast tide gauges from the SELF projects. Global and Planetary Change, 34 (2002). p. 5-35.
6. Instructions for leveling I, II, III and IV classes. Moscow. 1974.(rus).
7. Mirmakhmudov E. Adenbaev B., Turgunov D. Some recommendations for monitoring the level of the Syrdarya and Amudarya rivers based on the GNSS. 4th United Nations/Pakistan/Prince Sultan Bin Abdulaziz International Prize for Water International Conference on the Use Space Technology for Water Management, 26 February-2 March 2018, Islamabad, Pakistan.