ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 53606— 2009

Глобальная навигационная спутниковая система

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Метрологическое обеспечение Основные положения

Издание официальное

БЗ 12—2009/983

Москва
Стандартинформ
2010

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН 29-м Научно-исследовательским институтом Министерства обороны Российской Федерации

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 363 «Радионавигация»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 931-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случаях пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2010

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Глобальная навигационная спутниковая система

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Метрологическое обеспечение. Основные положения

Global navigation satellite system. Methods and tecnologies of geodetic and cadastral works execution. Metrological support. Basic principles

Дата введения — 2011—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на методы и технологии выполнения геодезических и землеустроительных работ с использованием аппаратуры потребителей глобальной навигационной спутниковой системы.

Настоящий стандарт устанавливает основные положения по метрологическому обеспечению методов и технологий выполнения геодезических и землеустроительных работ с использованием аппаратуры потребителей глобальной навигационной спутниковой системы.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52457—2005 Глобальная навигационная спутниковая система. Аппаратура потребителей. Классификация

ГОСТ Р 52928—2008 Система спутниковая навигационная глобальная. Термины и определения

ГОСТ 22268—76 Геодезия. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 22268, ГОСТ Р 52457, ГОСТ Р 52928 и следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **абсолютные координаты:** Пространственные координаты объекта в прямоугольной геоцентрической системе координат или на земном эллипсоиде.

3.2 **автономное позиционирование:** Технология позиционирования, основанная на непосредственном получении абсолютных координат определяемого объекта.

Примечание — Автономное позиционирование реализуется путем вычисления абсолютных координат определяемого объекта из решения пространственной засечки по псевдодальностям, измеренным до четырех или большего числа наблюдаемых навигационных спутников.

Издание официальное

3.3 **геодезические работы:** Комплекс технологических процессов, осуществляемых для определения параметров фигуры и гравитационного поля Земли, координат точек земной поверхности и их изменений во времени.

3.4 **дифференциальное позиционирование:** Технология позиционирования, основанная на получении абсолютных координат объекта с привлечением корректирующей информации (дифференциальных поправок), формируемой в исходном пункте с известными координатами, передаваемой по каналу связи и предназначенной для уточнения положения определяемого объекта.

3.5 **землеустроительные работы:** Комплекс технологических процессов, осуществляемых для установления, восстановления и закрепления на местности границ земельных участков, определения и оформления их местоположения и площади.

3.6 **определяемый объект:** Фиксированная точка местности, пространственное положение которой определяется с использованием позиционирования.

Примечание — К определяемым объектам при выполнении геодезических и землеустроительных работ относятся пункты государственных, муниципальных и специальных геодезических сетей, пункты опорных межевых сетей, межевые знаки, пункты геодезической разбивочной основы, реперные точки и т.д.

3.7 **относительное позиционирование:** Технология позиционирования, основанная на получении приращений абсолютных координат двух приемников, один из которых установлен в исходном пункте, другой — на определяемом объекте.

3.8 **позиционирование:** Получение пространственных координат объекта по наблюдениям навигационных спутников с использованием аппаратуры потребителей ГНСС.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения и сокращения:

ГЛОНАСС — глобальная навигационная спутниковая система Российской Федерации;

ГНСС — глобальная навигационная спутниковая система;

ГАП — геодезическая аппаратура потребителей ГНСС;

КА — космический аппарат;

МНК — метод наименьших квадратов;

СКП — средняя квадратичная погрешность;

GPS — глобальная навигационная спутниковая система Соединенных Штатов Америки.

5 Общие положения

5.1 Метрологическое обеспечение методов и технологий выполнения геодезических и землеустроительных работ с использованием аппаратуры потребителей ГНСС устанавливает порядок применения этих методов и технологий, необходимый для достижения требуемой точности позиционирования определяемых объектов.

5.2 Целью метрологического обеспечения является установление соответствия точности позиционирования определяемых объектов установленным требованиям геодезических и землеустроительных работ.

5.3 Метрологическое обеспечение методов и технологий, применяемых для выполнения геодезических и землеустроительных работ с использованием аппаратуры потребителей ГНСС, включает в себя следующие основные виды деятельности:

- нормирование применения аппаратуры потребителей ГНСС;
- нормирование применения методов и технологий выполнения геодезических и землеустроительных работ с использованием аппаратуры потребителей ГНСС;
- оценку и контроль метрологических характеристик используемой аппаратуры потребителей ГНСС.

5.4 Метрологические характеристики методов и технологий выполнения геодезических и землеустроительных работ с использованием аппаратуры потребителей ГНСС определяются с учетом следующих возможных помехообразующих факторов, действующих в процессе формирования измерительной информации:

- погрешностей бортовой шкалы времени навигационных спутников;

- погрешностей расчета эфемерид навигационных спутников с использованием аппаратуры потребителя;
- инструментальных погрешностей аппаратуры потребителя, обусловленных, прежде всего, наличием шумов в электронном тракте приемника;
- препятствий прохождению радиосигналов, создаваемых деревьями, зданиями и другими объектами местности;
- многопутности распространения сигнала, проявляющейся в результате вторичных отражений сигнала навигационного спутника от крупных препятствий, расположенных в непосредственной близости от приемника;
- ионосферной задержки сигнала, обусловленной наличием свободных электронов в ионизированном слое атмосферы, вызывающим задержку распространения сигнала навигационного спутника, которая прямо пропорциональна концентрации электронов и обратно пропорциональна квадрату частоты радиосигнала;
- тропосферной задержки сигнала, зависящей от метеопараметров (давления, температуры, влажности), а также от высоты спутника над горизонтом;
- геометрического расположения наблюдаемых спутников и приемника, влияние которого на точность позиционирования определяемого объекта характеризуется соответствующим геометрическим фактором;
- радиопомех, создаваемых различными внешними радиоисточниками.

6 Общие требования к аппаратуре потребителей

6.1 Аппаратура потребителей, применяемая для производства геодезических и землеустроительных работ, должна включать:

- приемник, состоящий из антенного, радиоприемного и вычислительного устройств и предназначенный для приема и целевой обработки навигационных сигналов навигационных спутников;
- дополнительное оборудование (метеодатчики, треггеры, штативы и т.п.).

6.2 Метрологические характеристики применяемой аппаратуры потребителей должны соответствовать требованиям к точности позиционирования определяемых объектов и условиям проведения работ. Как правило, требуется использование геодезической аппаратуры потребителей. При выборе нормируемых метрологических характеристик используемой ГАП необходимо учитывать:

- условия применения (ГАП может применяться как автономно, так и в составе информационно-измерительных комплексов и систем геодезического назначения);
- режим функционирования (ГАП может функционировать как в статическом, так и в кинематическом режиме);
- наличие мешающих факторов внешней среды (влияние этих факторов приходится компенсировать, например при постобработке результатов, или предусматривать комплектование аппаратуры с другими автономными навигационными измерителями);
- наличие и характер влияния погрешностей измерений (эти погрешности могут быть как случайными, так и систематическими, а их влияние может зависеть от условий работы аппаратуры).

6.3 Требуемая точность измерения навигационных параметров в процессе выполнения геодезических и землеустроительных работ характеризуется следующими ориентировочными значениями СКП: для измерений дробных частей фаз несущих — несколько миллиметров; для измерений кодовых псевдодальностей — несколько дециметров.

6.4 Геодезические и землеустроительные работы, как правило, должны выполняться с использованием аппаратуры потребителя, работающей на двух частотах по сигналам двух ГНСС — ГЛОНАСС и GPS. Для относительного позиционирования на сравнительно коротких расстояниях (до 10—15 км) возможно применение одночастотных приемников.

7 Общие требования к методам и технологиям позиционирования

7.1 Автономное позиционирование

7.1.1 Автономное позиционирование применяют для непосредственного получения абсолютных координат определяемого объекта с относительно низкой точностью (первые единицы метров).

Примечание — Область применения технологии автономного позиционирования может включать: проведение рекогносцировочных работ; получение предварительных координат определяемых объектов; контроль исходных данных, используемых в последующей обработке (координат навигационных спутников, значений кодовых псевдодальностей и т.д.); развитие специальных геодезических сетей, синхронизацию шкалы времени и оценку равномерности хода часов, используемых в аппаратуре потребителя.

7.1.2 Методы автономного позиционирования различают по режиму использования измерительной информации (режим разового позиционирования; режим накопительного позиционирования). Оптимальный метод выбирается с учетом характеристик используемой аппаратуры потребителя и требований к точности позиционирования и продолжительности наблюдений на определяемом объекте. Для повышения точности позиционирования при наличии времени для проведения наблюдений следует использовать метод накопительного позиционирования.

7.1.3 Точность автономного позиционирования оценивают с учетом следующих основных помехообразующих факторов: погрешностей эфемерид наблюдаемых спутников ГНСС; погрешностей привязки навигационного сигнала к бортовой шкале времени навигационного спутника; инструментальных погрешностей аппаратуры потребителей; влияние внешней среды на распространение радиосигнала.

7.1.4 Применение автономного позиционирования в разовом режиме нормируется исходя из следующих возможных значений СКП определения абсолютных координат, в зависимости от используемой ГНСС: в системе GPS — 10 м; в системе ГЛОНАСС — 20 м (без использования кодов высокой точности).

7.1.5 Применение автономного позиционирования в накопительном режиме нормируется с учетом продолжительности наблюдений исходя из следующих возможных значений СКП определения абсолютных координат: 5 м на интервале наблюдений около 2 ч; 2 м на интервале наблюдений 10 ч и более.

7.2 Дифференциальное позиционирование

7.2.1 Дифференциальное позиционирование применяют для получения абсолютных координат определяемого объекта на метровом уровне точности с использованием дифференциальных поправок, которые получают в исходном пункте, передают по каналу связи на определяемый объект и вводят в измеренные значения псевдодальности.

Примечание — Область применения технологии дифференциального позиционирования, как правило, ограничивается развитием специальных геодезических сетей военного назначения.

7.2.2 Дифференциальные поправки вычисляются как разности между измеренными значениями псевдодальности в исходном пункте и значениями расстояний между приемником и спутниками, вычисленными по известным значениям координат исходного пункта и бортовым эфемеридам спутника.

7.2.3 Возможные методы дифференциального позиционирования различают по режиму учета дифференциальных поправок (режим реального времени, режим постобработки).

7.2.4 Применение методов дифференциального позиционирования нормируется с учетом максимально допустимого удаления определяемого объекта от исходного пункта, в пределах которого изменение дифференциальных поправок можно считать несущественным.

Примечание — Удаление определяемого объекта от исходного пункта, как правило, не должно превышать 50 км.

7.2.5 Применение методов дифференциального позиционирования нормируется исходя из определения абсолютных координат с возможной СКП на уровне 1—2 м.

7.3 Относительное позиционирование

7.3.1 Относительное позиционирование применяют для определения взаимного положения исходного пункта и определяемого объекта на сантиметровом и более высоком уровне точности, в зависимости от используемого метода позиционирования.

7.3.2 Возможные методы относительного позиционирования для выполнения геодезических и землеустроительных работ различают по следующим признакам:

- по виду используемой измерительной информации (кодовые измерения, фазовые измерения);
- по режиму получения и обработки измерительной информации (статический метод, ускоренный статический метод, псевдостатический метод, псевдокинематический метод, относительный метод реального времени).

7.3.3 Точность относительного позиционирования характеризуют величиной СКП приращений координат между определяемым объектом и исходным пунктом. При оценке точности принимают во вни-

мание особенности используемого метода позиционирования, тип используемой ГАП, удаленность определяемого объекта от исходного пункта, интервал времени синхронных наблюдений и условия видимости спутников.

7.3.4 Нормирование применения методов относительного позиционирования осуществляют исходя из требуемой точности определения координат и допустимых затрат времени на выполнение работ. При этом учитывают, что наиболее высокую точность относительного позиционирования обеспечивает статический метод фазовых измерений, который вместе с этим является наименее производительным — обычно для его реализации требуется проведение сеансов наблюдений продолжительностью от одного часа до нескольких часов. Повышение производительности относительного позиционирования может достигаться, при некотором снижении точности, путем использования альтернативных методов — ускоренного статического метода, псевдостатического метода, псевдокинематического метода, относительного метода реального времени.

7.3.5 Статический метод обеспечивает получение разностей координат одного или нескольких определяемых объектов и исходного пункта с использованием ГАП, стационарно размещаемой на этих объектах. Данный метод применяют для получения разностей координат определяемого объекта и исходного пункта с повышенной точностью (в режиме фазовых измерений), как правило, при отсутствии жестких ограничений по времени синхронных наблюдений навигационных спутников. Применение статического метода нормируют исходя из следующих ориентировочных величин СКП определения взаимного положения исходного пункта и определяемого объекта (D — расстояние между исходным пунктом и определяемым объектом в километрах):

1) при использовании двухчастотной аппаратуры:
   $(5 + D \cdot 10^{-6})$ мм в плане;
   $(10 + D \cdot 10^{-6})$ мм по высоте;
2) при использовании одночастотной аппаратуры:
   $(5 + D \cdot 10^{-6})$ мм при $D \le 10$ км, $(5 + 2D \cdot 10^{-6})$ мм при $D > 10$ км в плане;
   $(10 + 2D \cdot 10^{-6})$ мм по высоте.

7.3.6 Ускоренный статический метод предусматривает комплексное использование измерений псевдодальностей и фаз несущих для ускорения инициализации (разрешения фазовой неоднозначности). Аппаратура потребителя, применяемая для реализации данного метода, должна обеспечивать проведение кодовых и фазовых измерений на двух частотах. Ускоренный статический метод применяют в тех случаях, когда требуется получение разностей координат определяемого объекта и исходного пункта в сеансе наблюдений продолжительностью от (5—10) до (20—30) мин. Данный метод обеспечивает получение координат определяемого объекта с точностью на уровне точности обычного статического метода.

7.3.7 Псевдостатический и псевдокинематический методы являются разновидностями комбинации статического и кинематического методов относительного позиционирования, обеспечивающими совместное получение координат нескольких определяемых объектов, расположенных на небольших расстояниях друг от друга, с использованием ГАП, последовательно перемещаемой с одного из этих объектов на другой.

В псевдостатическом методе наблюдения на определяемых объектах проводятся относительно короткими сеансами (по 5—10 мин). При перемещении между объектами приемник выключается. Данный метод требует достаточно тщательного планирования сеансов наблюдений и перемещений между определяемыми объектами. При планировании, как правило, предусматривают проведение повторных сеансов наблюдений на определяемых объектах с интервалами не менее одного часа.

В псевдокинематическом методе, называемом также методом остановки и движения, наблюдения на определяемых объектах проводятся с еще более короткими остановками. При этом наблюдения ведутся непрерывно, без выключения приемника. Во время остановок осуществляется накопление измерительной информации, что повышает точность позиционирования. Данный метод требует проведения достаточно тщательной рекогносцировки на местности и планирования наблюдений с учетом необходимых условий видимости (наличие непрерывного сигнала не менее чем от четырех спутников в течение всего времени наблюдений).

Применение псевдостатического и псевдокинематического метода предусматривается в случае, если требуется определить положение большого числа точек местности относительно исходного пункта с достаточно высокой (сантиметровой) точностью при наличии ограничений по времени выполнения полевых работ. Точность этих методов при использовании фазовых измерений характеризуется следую-

щими ориентировочными величинами СКП определения взаимного положения исходного пункта и определяемого объекта:

1) при использовании двухчастотной ГАП:
   $(20 + D \cdot 10^{-6})$ мм в плане;
   $(20 + 2D \cdot 10^{-6})$ мм по высоте;
2) при использовании одночастотной ГАП:
   $(20 + 2D \cdot 10^{-6})$ мм в плане;
   $(20 + 2D \cdot 10^{-6})$ мм по высоте.

7.3.8 Относительный метод реального времени предусматривает оперативную передачу данных наблюдений с исходного пункта на определяемый объект по каналу связи, например с использованием радиомодема. Эти данные оперативно обрабатывают совместно с измерениями, выполненными на определяемом объекте, что обеспечивает получение приращений координат определяемого объекта относительно исходного пункта с сантиметровой точностью в режиме, близком к реальному времени.

8 Методы контроля точности позиционирования

8.1 Общая характеристика

8.1.1 Точность позиционирования подлежит обязательному контролю с использованием различных методов, комплексное применение которых является гарантией его надежности.

8.1.2 Основным методом контроля точности позиционирования является оценка качества измерительной информации по данным анализа временных рядов наблюдений навигационных КА. Как правило, этот метод реализуется в специальном программном обеспечении фирм — производителей ГАП.

8.1.3 Дополнительными методами контроля точности позиционирования могут служить:

- метод оценки качества наблюдений навигационных КА по данным анализа комбинаций измерений навигационных параметров на двух частотах (метод ионосферных комбинаций);
- метод контроля точности позиционирования по данным эталонных геодезических построений (метод эталонов);
- метод контроля точности относительного позиционирования по невязкам приращений координат базисных сторон замкнутых геометрических фигур (метод невязок);
- метод контроля точности позиционирования по измерениям на нуль-базе (метод нуль-базы).

8.2 Метод ионосферных комбинаций

8.2.1 Контроль точности позиционирования по методу ионосферных комбинаций осуществляется путем анализа так называемых ионосферных комбинаций — разностей однотипных (кодовых или фазовых) псевдодальностей, полученных в один и тот же момент времени на первой и второй частоте. Ионосферные комбинации считаются свободными от влияния погрешностей бортовой и наземной шкал времени, аппаратурных задержек, тропосферы и некоторых других погрешностей. Погрешности, содержащиеся в ионосферных комбинациях, обусловливаются разностями ионосферных задержек и разностями инструментальных погрешностей измерения навигационных параметров.

8.2.2 Ионосферные комбинации кодовых псевдодальностей определяют с использованием соотношений:

$$\left.\begin{aligned} \rho_1(t_i) &= r(t_i) + \frac{I(t_i) f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \\ \rho_2(t_i) &= r(t_i) + \frac{I(t_i) f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

$$d_i = \rho_2(t_i) - \rho_1(t_i) = I(t_i), \quad (2)$$

где ρ_1, ρ_2 — значения кодовых псевдодальностей на первой и второй несущих частотах;

I — параметр ионосферной задержки;

f_1 и f_2 — значения рабочих частот;

r — дальность до наблюдаемого КА, включающая суммарное влияние помех, обусловленных геометрической задержкой, тропосферой, погрешностями часов спутника и аппаратуры потребителя, аппаратурными задержками и т.п.;

t_i — i-й момент времени;

d_i — ионосферная комбинация кодовых псевдодальностей в момент t_i.

8.2.3 Ионосферные комбинации фазовых измерений определяют с использованием соотношений:

$$\left.\begin{aligned}\rho_1(t_i) &= r(t_i) + \frac{I(t_i)f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} + \lambda_1\beta_1(t_i)\\ \rho_2(t_i) &= r(t_i) + \frac{I(t_i)f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} + \lambda_2\beta_2(t_i)\end{aligned}\right\} \quad (3)$$

$$\delta_i = \rho_1(t_i) - \rho_2(t_i) = I(t_i) + \Delta\rho_i, \quad (4)$$

$$\Delta\rho_i = \lambda_1\beta_1(t_i) - \lambda_2\beta_2(t_i), \quad (5)$$

где ρ_1, ρ_2 — значения фазовых псевдодальностей на первой и второй несущих частотах;

I — параметр ионосферной задержки;

f_1 и f_2 — значения первой и второй частот;

λ_1 и λ_2 — соответствующие длины волн;

r — дальность до наблюдаемого КА, включающая суммарное влияние помех, обусловленных геометрической задержкой, тропосферой, погрешностями часов спутника и аппаратуры потребителя, аппаратурными задержками и т.п.;

t_i — i-й момент времени;

$\beta_1(t_i)$, $\beta_2(t_i)$ — возможные систематические смещения фаз, включающие скачки в отсчетах целых циклов фаз.

При отсутствии систематических смещений фаз, т.е. при выполнении условий $\beta_1(t_i) = 0$ и $\beta_2(t_i) = 0$, величина $\Delta\rho_i$ равна нулю, откуда $\delta_i = I(t_i)$. В этом случае характер изменения ионосферных комбинаций фазовых псевдодальностей в сеансе измерений аналогичен характеру изменения ионосферных комбинаций кодовых псевдодальностей. При наличии сбоев в фазовых измерениях возможны резкие скачки значений ионосферных комбинаций фазовых псевдодальностей, которые могут быть выявлены в ходе дальнейшего анализа.

8.2.4 Ионосферные комбинации анализируются путем их полиномиальной аппроксимации по МНК. Качество измерений оценивается по расхождениям исходных и аппроксимированных значений ионосферных комбинаций. Вид аппроксимирующего полинома выбирается с учетом гладкости изменения значений ионосферных комбинаций. Как правило, для аппроксимации могут использоваться алгебраические полиномы относительно низкой степени n ($2 \le n \le 6$), определяемой с использованием соотношения

$$n = min\,(2 + [m/100], 6), \quad (6)$$

где выражение в квадратных скобках — ближайшее целое число к значению $m/100$.

8.2.5 Анализ ионосферных комбинаций проводится по сеансам наблюдений отдельно по каждому виду измерительной информации и каждому наблюдавшемуся спутнику. Алгоритм анализа предусматривает следующий порядок действий:

1) для каждой i-й ионосферной комбинации составляют уравнение погрешностей

$$a_0 + a_1 t_i + \ldots + a_n t_i^n + b_i = v_i, \quad (7)$$

где $a_0, a_1, \ldots, a_n$ — определяемые коэффициенты аппроксимирующего полинома;

n — заданная степень аппроксимирующего полинома;

b_i — свободный член, вычисленный по формуле (2) для комбинации кодовых псевдодальностей и по формуле (4) для комбинации фазовых псевдодальностей;

v_i — остаточное уклонение ($i = 1,2,\ldots m$);

2) из решения системы уравнений вида (7) по МНК получают коэффициенты аппроксимирующего полинома в соответствии с формулой

$$\dot{a} = (A^T A)^{-1} A^T \dot{b}, \quad (8)$$

где a — вектор определяемых коэффициентов, $\dot{a} = (a_0, a_1, \ldots, a_n)^T$;

b — вектор свободных членов уравнений поправок, $b = (b_1, b_2, ..., b_m)$;
A — матрица коэффициентов системы уравнений;

$$A = \begin{bmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 \dots t_1^n \\ 1 & t_2 & t_2^2 \dots t_2^n \\ \dots & \dots & \dots \dots \dots \\ 1 & t_i & t_i^2 \dots t_i^n \\ \dots & \dots & \dots \dots \dots \\ 1 & t_m & t_m^2 \dots t_m^n \end{bmatrix}$$

3) для каждого наблюдавшегося спутника с использованием полученных коэффициентов соответствующего аппроксимирующего многочлена вычисляют остаточные уклонения v_i, после чего по формуле

$$M = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_m^2}{m - (n+1)}} \qquad (9)$$

оценивают величину M, характеризующую стандартное отклонение случайных инструментальных погрешностей получения кодовых псевдодальностей, и проверяют выполнение условия

$$M \le M_{доп}, \qquad (10)$$

где $M_{доп}$ — допустимое значение СКП измерения псевдодальностей.

Сеанс измерений кодовых псевдодальностей считается пригодным для дальнейшеего использования, если условие (10) выполняется не менее чем для 70 % наблюдавшихся спутников. В противном случае данный сеанс подлежит отбраковке. При выяснении возможных причин брака учитывают то, что помимо низкой точности измерений кодовых псевдодальностей, это могут быть искусственные и естественные препятствия распространению радиосигналов от спутников до определяемого объекта, неисправности приемника, радиопомехи, многопутность радиосигналов.

8.3 Метод эталонов

8.3.1 Контроль точности позиционирования по методу эталонов осуществляется путем сравнения результатов позиционирования (абсолютных и относительных координат, высот, длин и азимутов базисных линий) с аналогичными данными, полученными из независимых геодезических определений, имеющих достаточно высокую точность для того, чтобы соответствующие данные могли использоваться в качестве эталонной информации. Данный метод может служить универсальным методом контроля результатов автономного, дифференциального и относительного позиционирования.

8.3.2 В качестве эталонной информации могут использоваться:

- данные спутниковых координатных определений, выполненных с более высокой точностью;
- данные геодезических построений, созданных с использованием традиционных средств геодезических измерений (угломерных, дальномерных, высотомерных, астрономических, гироскопических) и гравиметрических данных, в том числе линейных базисов, сетей триангуляции и трилатерации, полигонометрических ходов, нивелирных полигонов, эталонных ориентирных направлений.

8.3.3 Уровень отклонений контролируемых параметров от соответствующих эталонных значений характеризует точность применяемых средств и методов получения и обработки измерительной информации.

8.4 Метод невязок

8.4.1 Контроль точности позиционирования по методу невязок осуществляется путем сравнения невязок приращений координат базисных сторон, образующих замкнутую фигуру, с номинальными значениями этих невязок, которые теоретически должны быть равны нулю. Область применения данного метода ограничивается контролем результатов относительного позиционирования.

8.4.2 Для контроля используются приращения пространственных геоцентрических координат, полученные для каждой базисной стороны отдельно. При этом измерения на базисных сторонах должны выполняться в разные промежутки времени для обеспечения независимости результатов.

8.4.3 Уровень отклонений фактических невязок от нулевых значений характеризует точность применяемых средств и методов получения и обработки измерительной информации.

8.5 Метод нуль-базы

8.5.1 Контроль точности позиционирования по методу нуль-базы осуществляется путем проведения измерений двумя однотипными приемниками на так называемой нуль-базе, то есть при подключении обоих приемников к одной общей антенне. Для реализации данного метода требуется устройство, обеспечивающее одновременное подключение двух приемников к одной антенне.

8.5.2 Метод нуль-базы предназначается в основном для использования при контроле результатов относительного позиционирования. При этом измерения, полученные на нуль-базе, обрабатываются как относительные измерения, выполненные двумя разнесенными комплектами аппаратуры потребителя ГНСС. Уровень отклонений полученных разностей координат от нулевых значений характеризует точность используемых средств и методов получения и обработки измерительной информации. Метод может использоваться в случае необходимости оперативного подтверждения точностных характеристик ГАП.

УДК 629.783:[528.2+528.344+523.34.13]:006.354 ОКС 07.040 Э50 ОКСТУ 6801

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы, геодезические и землеустроительные работы, метрологическое обеспечение

Редактор *Е.С. Котлярова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 09.11.2010. Подписано в печать 02.12.2010. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,10. Тираж 87 экз. Зак. 980.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6

gost.e-ecolog.ru