1. Принципы действия, устройство и методики поверки приборов для спутниковых определений.
2. Определение (контроль) метрологических характеристик.

Определение погрешности измерения координат кодовым методом в автономном режиме.

Определение погрешности измерения координат в режиме реального времени.

1. Принципы действия, устройство и методики поверки приборов для спутниковых определений.

Специфика традиционных геодезических измерений, проводимых на земной поверхности, заключается, прежде всего, в высоких требованиях к точности измерений, проводимых в среде с постоянно меняющимися параметрами, к которой с полным основанием могут быть отнесены приземные слои атмосферы. При этом требования к повышению точности постоянно растут, что обусловливает необходимость постоянного совершенствования технических средств и методов.

Большинство созданных к настоящему времени высокоточных геодезических инструментов (теодолиты, нивелиры, светодальномеры, тахеометры и др.) достигли достаточно высокого совершенства как за счет удачных технических решений, так и за счет хорошо продуманной технологии их использования.

Однако многие из перечисленных выше приборов базируются на использовании оптического диапазона электромагнитных волн, что породило целый ряд существенных недостатков (необходимость обеспечения прямой и оптической видимости между смежными пунктами, трудности организации круглосуточных измерений и, как следствие, сложность организации мониторингов для отслеживания различного рода деформационных процессов, трудности проведения геодезических измерений в динамике и т. д.).

Другой существенной особенностью традиционных геодезических измерений является весьма широкое распространение угловых измерений, которым во многих случаях отдаются предпочтения перед линейными измерениями (прежде всего, по экономическим соображениям), хотя по своим потенциальным возможностям современные высокоточные светодальномеры обеспечивают более высокий уровень точности.

Наконец, еще одна специфика традиционных наземных геодезических методов состоит в необходимости проведения измерений в высокодинамичных приземных слоях атмосферы, что существенно осложняет процедуру выполнения измерений и снижает потенциальный уровень точности.

Альтернативный подход к выполнению геодезических измерений на принципиально иной основе состоит в использовании пространственных методов измерений с применением в качестве опорных точек мгновенных положений искусственных спутников Земли. Базирующиеся на таких принципах измерительные комплексы получили название глобальных систем позиционирования, первоначальное назначение которых состояло в решении навигационных задач. Однако проведенные исследования показали, что за счет совершенствования аппаратного и программного обеспечения, а также технологии использования таких систем, они могут с полным успехом применяться и для решения широкого круга геодезических задач, резко повышая эффективность проводимых геодезических работ при одновременном значительном повышении потенциального уровня точности.

При выборе наиболее подходящего диапазона электромагнитных волн, используемого при выполнении измерений, приходится учитывать тот факт, что создаваемая спутниковая система должна быть всепогодной, т.е. обеспечивать выполнение измерений при любых условиях погоды. Это требование является вполне обоснованным как для навигации, так и для геодезии. Кроме того, для одновременного обслуживания неограниченного числа потребителей, находящихся в пределах всего земного шара, с помощью весьма ограниченного количества спутников необходимо, чтобы диаграмма направленности установленной на спутнике излучающей системы охватывала всю видимую со спутника земную поверхность.

Приходится также учитывать необходимость сведения к минимуму влияния атмосферы (как тропосферы, так и ионосферы). Обобщение многочисленных, проведенных к настоящему времени исследований, свидетельствует о том, что наиболее полно перечисленным выше требованиям отвечает ультракоротковолновый (в частности, дециметровый) диапазон радиоволн.

Последний метод, основанный на использовании спутниковых дальномерных систем, широко применяется в настоящее время для построения глобальных, региональных и локальных геодезических сетей.

В свою очередь, развитие упомянутых спутниковых дальномерных систем происходило по двум основным направлениям. Одно из них было связано с созданием дальномеров, работающих в оптическом диапазоне. В результате были созданы лазерные спутниковые дальномерные системы, с помощью которых был достигнут весьма высокий уровень точности. Однако созданные лазерные комплексы оказались сравнительно дорогими, громоздкими и требующими для работы наличия чистого неба. В связи с этим применение таких систем ограничивается, в большинстве случаев, использованием их на специально оборудованных пунктах, входящих в состав обсерваторий или других исследовательских центров. Причем с помощью таких систем решаются, как правило, различные специализированные задачи (в частности, уточнение элементов орбит спутников, определение длин высокоточных базисов для сравнительной оценки точности других спутниковых систем и др.).

Другое направление базировалось на совершенствовании радиодальномерных систем. При этом был использован накопленный опыт, связанный с созданием наземных радиодальномерных систем (таких, как «Декка», «Хиран» и др.). Одна из специфических особенностей созданных за последние десятилетия спутниковых радиодальномерных систем заключалась в достаточно широком применении метода измерений, основанного на использовании доплеровского эффекта.

Еще одна особенность используемых в навигации и геодезии спутниковых дальномерных систем состоит в том, что выбираемый дальномерный принцип должен открывать возможность одновременного выполнения измерения расстояний между спутником и неограниченным количеством станций, находящихся на земной поверхности. При этом для создания массовой портативной, экономичной и сравнительно недорогой аппаратуры потребителя целесообразно исключить двухсторонний обмен информацией со спутником, подразумевающий наличие радиопередающих устройств в составе аппаратуры пользователя. Это требование обусловило целесообразность применения одностороннего метода дальномерных измерений. Обобщение перечисленных выше особенностей, характерных для спутниковых геодезических измерений, свидетельствует о том, что наибольшего внимания заслуживает спутниковый радиодальномерный метод координатных определений с использованием достаточно «высоких» спутников и одностороннего прохождения информационных сигналов от спутника до находящихся на земной поверхности приемника.

Методика поверки АППАРАТУРА СПУТНИКОВАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ регламентируется ГОСТ Р 8.793—2012

К поверкам относятся:

- Внешний осмотр и опробование

- Определение (контроль) метрологических характеристик

- Определение погрешности измерений базовых линий косвенным методом в стати­ческом режиме

- Определение погрешности измерений приращений координат в статическом режиме по невязкам в замкнутых фигурах (треугольника)

- Определение погрешности измерений координат в режиме реального времени

К проведению поверки допускают лиц, аттестованных в качестве поверителя в порядке, установ­ленном Госстандартом, имеющих опыт работы с СГА не менее двух лет.

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающей среды........................................................................... (20- 4о) °С’

- верхний предел относительной влажности воздуха при 30 °С

и более низких температурах, без конденсации влаги........................................98 %;

- атмосферное давление............................................................................................ [100^5 ] кПа.

2. Определение (контроль) метрологических характеристик.

Определение погрешности измерения координат кодовым методом в автономном режиме.

Определение погрешности измерения координат в режиме реального времени.

**Определение (контроль) метрологических характеристик спутниковой аппаратуры** проводится в соответствии с ГОСТ Р 8.793-2012 «Государственная система обеспечения единства измерений. Аппаратура спутниковая геодезическая. Методика поверки».

**Один из методов — определение погрешности измерений координат кодовым методом в автономном режиме**:

1. Установить приёмник (антенну) над центром пункта эталонного пространственного полигона (ЭПП) с известными координатами.

1. Измерить высоту антенны и включить приёмник в навигационном режиме (без накопления данных в файл).
2. Установить режим работы по системе GPS, по системе ГЛОНАСС или по обеим системам.
3. Записать 5 отсчётов координат с экрана приёмника через 10 минут после включения приёмника с интервалом 5 минут. Допускается автоматическая запись отсчётов в память путём образования треков или путевых точек.
4. Повторить операцию на двух других пунктах с известными координатами.
5. Зарегистрировать результаты измерений (одну часть) в «Журнале наблюдений». Результаты измерений, которые автоматически регистрируются аппаратурой, переписать из памяти приёмника на жёсткий диск ЭВМ.
6. Вычислить среднеквадратические погрешности измерений однократного определения соответственно по широте, долготе и высоте.

Аппаратуру признают годной, если все погрешности измерений в плане и превышений не превышают удвоенных значений допускаемых погрешностей измерений, указанных в эксплуатационных документах.

**Для определения погрешности измерения координат в режиме реального времени необходимо**:

1. Установить два приёмника КНС на пунктах с эталонными координатами в системе WGS-84 (допускается использование прямоугольных пространственных, географических координат и координат в проекции UTM).
2. Включить приёмники КНС согласно указаниям эксплуатационной документации для работы в режиме реального времени. Ввести эталонные значения координат в память приёмника, принятого за опорный.
3. Выполнить измерения координат на втором (ведомом) приёмнике. Повторить действия ещё на 4–5 пунктах с эталонными координатами. Если в распоряжении поверителя имеется только два пункта с эталонными координатами, то второй (ведомый) приёмник снять с пунктов и, не выключая его, пройти с антенной 100–200 м вокруг пункта и снова установить антенну на пункте. Эти действия повторить 5 раз.
4. Сравнить результаты измерений с эталонными значениями координат пункта установки второго приёмника.

Аппаратура признаётся годной к эксплуатации, если разности между измеренными и эталонными значениями координат не превышают удвоенного значения СКО измерений координат, указанных в эксплуатационной документации.