
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСТ Р
(Проект 1)**

**Глобальная навигационная спутниковая система
МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ
Общие требования к методам определения высот**

Издание официальное

**Москва
Стандартинформ
2018**

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-технический Центр современных навигационных технологий «Интернавигация» и федеральным государственным бюджетным учреждением высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 363 «Радионавигация»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ № _____

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

© Стандартиформ, 2018

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

Содержание

1	Область применения
2	Нормативные ссылки.....
3	Термины, определения и сокращения
4	Общие положения
5	Установление фундаментальных геодезических параметров.....
6	Использование фундаментальных геодезических параметров
7	Библиография

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Глобальная навигационная спутниковая система
**МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ
РАБОТ**
Общие требования к методам определения высот

Global navigation satellite system.
Methods and technologies of geodetic works.
General requirements to methods for determining fundamental geodetic parameters

Дата введения—

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие требования к методам определения высот с использованием навигационной аппаратуры потребителей глобальной навигационной спутниковой системы при выполнении геодезических работ.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 22268—76 Геодезия. Термины и определения

ГОСТ Р 52928—2010 Система спутниковая навигационная глобальная. Термины и определения

ГОСТ Р 53864—2010 Глобальная навигационная спутниковая система. Сети геодезические спутниковые. Термины и определения

ГОСТ Р 52334—2005 Гравиразведка. 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 ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 22268, ГОСТ Р 52928, ГОСТ Р 53864, ГОСТ Р 52334, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 метод спутникового нивелирования: Метод определения нормальных высот (разностей нормальных высот) точек местности путем исключения из геодезических высот определяемых точек над общеземным эллипсоидом (разностей геодезических высот), получаемых от ГНСС измерений, их геоидальной составляющей (высоты квазигеоида, разностей высоты квазигеоида), вычисляемой с использованием модели гравитационного поля Земли.

Примечания

1 При замене высоты квазигеоида высотой геоида метод спутникового нивелирования может рассматриваться как метод определения ортометрических высот;

2 При известных нормальных (ортометрических) высотах определяемых точек принцип спутникового нивелирования может использоваться для решения обратной задачи – получения высоты квазигеоида (высоты геоида) по разности геодезической и нормальной высот (метод обратного спутникового нивелирования).

3.1.2 метод спутниковой альтиметрии: Метод космической геодезии для исследования гравитационного поля Земли на основе высокоточных измерений орбиты искусственного спутника земли и его высоты над поверхностью океана.

3.1.3 ортометрическая поправка: Отклонение высоты квазигеоида от высоты геоида в данной точке.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

ВКГ	–	высота квазигеоида;
ГНСС	–	глобальная навигационная спутниковая система;
ГПЗ	–	гравитационное поле Земли;
ИСЗ	–	искусственный спутник Земли;
НАП	–	навигационная аппаратура потребителя;
СВЧ	–	сверхвысокая частота;
СГС	–	спутниковая геодезическая сеть;
ЭВИ	–	эфемеридно-временная информация.

4 Общие положения

4.1 Определение высот точек земной поверхности относится к геодезическим работам, связанным с:

- определением параметров фигуры Земли и ее внешнего гравитационного поля;
- созданием государственных геодезической, нивелирной и гравиметрической сетей;
- геодезических сетей специального назначения;
- установлением государственных, местных и локальных систем координат;
- поддержанием и развитием государственной высотной основы;
- геодезическим обеспечением гравиметрических работ;
- уточнением детальных карт ВКГ и моделей ГПЗ;
- созданием и обеспечением функционирования систем геодезического мониторинга деформаций земной поверхности,
- прогноза землетрясений, природных и техногенных катастрофических явлений [1], [2].

4.2 В процессе определения высот точек земной поверхности должны решаться следующие задачи:

- определение нормальной (ортометрической) высоты точки или (и) ее превышения относительно другой точки, выраженного разностью нормальных (ортометрических) высот этих точек;
- определение геодезической высоты точки или разности геодезических высот двух точек;

ГОСТ Р

(проект 1)

- определение высоты квазигеоида (высоты геоида) в определяемой точке или (и) разности высот квазигеоида (высот геоида) двух точек;

- переход от геодезической высоты определяемой точки к ее нормальной или ортометрической высоте;

- переход от нормальной высоты определяемой точки к ее ортометрической высоте с использованием ортометрической поправки;

- переход от геодезической высоты определяемой точки над одним отсчетным эллипсоидом к геодезической высоте данной точки над другим отсчетным эллипсоидом.

4.3 Определение высот точек земной поверхности должно выполняться с использованием методов наземной и космической геодезии.

4.4 Методы определения высот, относящиеся к категории методов наземной геодезии, включают традиционные методы нивелирования:

- геометрическое,

- тригонометрическое,

- гидростатическое,

- барометрическое;

а также, в части определения ВКГ (высот геоида)

- астрономо-геодезический,

- астрономо-гравиметрический;

- гравиметрический методы.

Основными методами определения нормальных (ортометрических) высот являются методы геометрического и тригонометрического нивелирования.

Основным методом определения ВКГ является гравиметрический метод.

4.5 Методы определения высот, относящиеся к категории методов космической геодезии, включают ряд спутниковых методов, в том числе методы абсолютного, относительного и дифференциального спутникового позиционирования, метод спутникового нивелирования, метод спутниковой альтиметрии.

5 Методы абсолютного, относительного и дифференциального спутникового позиционирования

5.1 Методы абсолютного позиционирования обеспечивают получение геодезической высоты определяемой точки над общеземным эллипсоидом по пространственным прямоугольным геоцентрическим координатам данной точки, вычисляемым из решения уравнений пространственной засечки по измеренным с помощью НАП псевдодальностям наблюдаемых в определяемой точке не менее четырех навигационных спутников.

5.2 Геодезическую высоту определяемой точки по ее пространственным прямоугольным координатам получают вычислительным путем с использованием формул перехода от пространственных прямоугольных координат к геодезическим координатам, установленных в ГОСТ 32453.

Точность определения геодезической высоты характеризуется погрешностями определения пространственных координат точки.

5.2 Определение высот в режиме абсолютного позиционирования выполняют с использованием метода кодовых измерений и метода прецизионного точечного позиционирования (метод PPP).

В методе кодовых измерений координаты точки получают путем обработки результатов измерений кодовых псевдодальностей наблюдаемых навигационных спутников.

Этот метод используется при решении задач, в которых для получения геодезической высоты достаточно определить пространственные прямоугольные координаты точки с погрешностями 0,5-1,0 м.

В методе PPP задача позиционирования решается путем совместной обработки двухчастотных кодовых и фазовых измерений с использованием высокоточной ЭВИ или корректирующих поправок к штатной ЭВИ.

Этот метод используется для обеспечения повышенной точности определения высот, с погрешностями от нескольких дециметров до нескольких сантиметров в зависимости от продолжительности наблюдений и точности ЭВИ (поправок).

5.3 Определение высот в режиме относительного позиционирования выполняют по координатам определяемой точки, полученным с использованием измеренных разностей координат двух приемников, один из которых установлен в исходном пункте, другой – в определяемой точке.

Метод относительного позиционирования при продолжительных (до нескольких часов) сеансах наблюдений позволяет обеспечить сантиметровую и

ГОСТ Р

(проект 1)

субсантиметровую точность определения приращений координат, в зависимости от расстояния между исходным пунктом и определяемой точкой.

5.4 Определение высот в режиме дифференциального позиционирования выполняют путем получения абсолютных координат точки с привлечением корректирующей информации (дифференциальных поправок), формируемой в исходном пункте или сервисном центре, передаваемой по каналу связи и предназначенной для уточнения положения определяемой точки.

Методы дифференциального позиционирования используются для определения высот с погрешностями от нескольких дециметров до нескольких сантиметров, в зависимости от продолжительности наблюдений и вида корректирующей информации, при повышенных требованиях к затратам времени на выполнение работ.

6 Метод спутникового нивелирования

6.1 Метод спутникового нивелирования обеспечивает:

а) получение нормальных высот определяемых точек в соответствии с формулой

$$H^{\gamma} = H - \zeta, \quad (1)$$

где

H^{γ} – нормальная высота определяемой точки;

H – геодезическая высота определяемой точки;

ζ – высота квазигеоида в определяемой точке;

б) получение приращений нормальных высот определяемых точек к нормальным высотам исходных точек в соответствии с формулой:

$$\Delta H^{\gamma} = \Delta H - \Delta \zeta, \quad (2)$$

где

ΔH^{γ} – приращение нормальной высоты определяемой точки;

ΔH – приращение геодезической высоты определяемой точки;

$\Delta \zeta$ – приращение высоты квазигеоида в определяемой точке.

П р и м е ч а н и я

1 Размерность величин, входящих в формулы (1), (2), должны быть одинаковы;

2 Величины H и ζ в формуле (1), величины ΔH и $\Delta \zeta$ в формуле (2) в каждом случае должны относиться к одному и тому же земному эллипсоиду.

ГОСТ Р
(проект 1)

6.2 Точность получения величин H^γ и ΔH^γ по формулам (1) и (2) определяется погрешностями исходных величин H , ζ и ΔH , $\Delta\zeta$ соответственно.

6.3 Геодезические высоты H в формуле (1), разности геодезических высот ΔH в формуле (2) метода спутникового нивелирования определяют с использованием методов спутникового позиционирования.

6.4 Высоты квазигеоида ζ в формуле (1), разности высот квазигеоида $\Delta\zeta$ в формуле (2) метода спутникового нивелирования вычисляют с использованием подходящей модели квазигеоида.

При выборе модели следует учитывать, что в зависимости от требуемой точности в качестве базовых моделей для вычисления ВКГ (разностей ВКГ) могут использоваться:

а) глобальные модели ГПЗ в виде разложения геопотенциала в ряд по сферическим функциям, в частности, модель EGM-2008 до 2190-й степени разложения [3].

Потенциальная точность определения ВКГ на территории России с использованием современных моделей данного класса характеризуется погрешностями от 0,2 до 0,5 м.

Погрешность определения разностей ВКГ на расстояниях до 100 км не превышает 0,1 м;

б) региональные и локальные цифровые модели квазигеоида в виде значений ВКГ в узлах регулярной сетки меридианов и параллелей с достаточно малым шагом, вычисленных по гравиметрическим картам и другим материалам гравиметрических съемок с использованием методов теории фигуры Земли и геодезической гравиметрии [5], [6].

Потенциальная точность определения ВКГ на территории России с использованием моделей данного класса характеризуется погрешностями от 0,05 до 0,1 м, в зависимости от качества исходной информации и категории сложности района.

Погрешность определения разностей ВКГ на расстояниях до 100 км составляет единицы сантиметров.

6.5 Метод обратного спутникового нивелирования обеспечивает:

а) получение ВКГ ζ в определяемой точке при известных геодезической высоте H и нормальной высоте H^{γ} данной точки в соответствии с формулой

$$\zeta = H - H^{\gamma}; \quad (3)$$

б) получение приращения ВКГ в определяемой точке при известных приращениях ΔH и ΔH^{γ} ее геодезической и нормальной высоты соответственно к геодезической и нормальной высотам исходной точки по формуле

$$\Delta\zeta = \Delta H - \Delta H^{\gamma}. \quad (4)$$

6.6 Высоты квазигеоида, полученные с помощью метода обратного спутникового нивелирования в пунктах спутниковой геодезической сети, могут использоваться в качестве исходной геодезической информации для:

– создания локальных цифровых моделей ВКГ в районах, недостаточно хорошо обеспеченных исходной гравиметрической информацией (при среднем расстоянии между соседними пунктами СГС до 10 км);

– контроля и уточнения локальных цифровых моделей ВКГ, созданных по гравиметрической информации (при среднем расстоянии между соседними пунктами СГС до 25 км).

6.7 Комплекс средств технического, программно-математического и информационного обеспечения спутникового нивелирования должен обеспечивать возможность применения данного метода для развития высотной основы на территории Российской Федерации в соответствии с требованиями нивелирования II - IV классов [2], [4].

7 Метод спутниковой альтиметрии

7.1 Метод спутниковой альтиметрии используется для определения ВКГ в акватории Мирового океана.

Для этого на борту ИСЗ, имеющего почти круговую орбиту с высотой от 800 до 1500 км, устанавливается радиолокационный или лазерный высотомер (альтиметр). Базовая модель метода спутниковой альтиметрии задается в виде:

$$\zeta = H - h - \delta h - \Delta h + \delta H, \quad (5)$$

где

ζ – высота квазигеоида над общеземным эллипсоидом;

H – геодезическая высота спутника над тем же эллипсоидом, вычисленная по координатам спутника;

h – измеренная с помощью бортового высотомера (радиолокационного, лазерного) высота спутника над морской поверхностью;

δh – инструментальные погрешности измерений высоты;

Δh – суммарная поправка, учитывающая отклонение морской поверхности от геоида, приливный эффект, влияние атмосферной рефракции, электромагнитное смещение, изменение высоты морской поверхности, обусловленное барическим воздействием земной атмосферы;

δH – погрешность определения геодезической высоты, обусловленная погрешностями орбитальной привязки спутниковой альтиметрической информации, то есть определения координат спутника по результатам траекторных измерений.

7.2 Уменьшение влияние погрешностей орбитальной привязки спутниковой альтиметрической информации на точность определения альтиметрических ВКГ обеспечивается за счет:

- повышения точности траекторных измерений;
- уточнения координат наземных пунктов наблюдений;
- уточнения модели движения спутника, включая, в первую очередь, уточнение модели геопотенциала;
- использования специальных методик обработки альтиметрической информации с уравниванием высотомерных профилей за условия равенства высот геоида в точках пересечения восходящих и нисходящих витков орбиты.

Траекторные измерения проводятся с использованием бортовой НАП.

7.3 Уменьшение влияние инструментальных погрешностей на точность определения альтиметрических ВКГ обеспечивается за счет:

- улучшения точностных характеристик спутниковых альтиметров, периодического уточнения калибровочных параметров спутникового альтиметра в процессе его эксплуатации на специальном полигоне калибровки;

- обработки спутниковой альтиметрической информации по повторяющимся (изомаршрутным) высотомерным трассам.

7.4 Уменьшение влияния внешней среды при получении и обработке спутниковой альтиметрической информации обеспечивают:

- использование радиолокационных альтиметров, работающих на двух частотах;
- повышение точности моделей для учета отклонений морской поверхности от геоида;

- атмосферной рефракции и состояния отражающей морской поверхности;

- установка на борту спутника дополнительного прибора для измерения температуры и интегральной влажности атмосферы - многоканального СВЧ-радиометра;

- применение специальных режимов набора и обработки спутниковой альтиметрической информации по повторяющимся высотомерным трассам (с расстоянием между такими трассами на экваторе от 100 до 15 км);

- использование дополнительной информации о гравитационном поле в Мировом океане (глобальных моделей ГПЗ повышенной точности, гравиметрических данных, ранее полученных данных спутниковой альтиметрии и др.).

8 Методы преобразования высот

8.1 Преобразование геодезических высот в другую систему координат (на другой отсчетный эллипсоид) и аналогичное преобразование ВКГ выполняют в соответствии с ГОСТ 32453.

8.2 Преобразование ортометрических высот в систему нормальных высот выполняется по формуле

$$H^{\gamma} = H^{\circ} + \Delta H^{\circ}, \quad (6)$$

где

H^γ и H^o – соответственно нормальная и ортометрическая высоты определяемой точки;

ΔH^o – ортометрическая поправка.

Вычисление ортометрических поправок осуществляется в соответствии с формулой [5]

$$\Delta H^o = \frac{\Delta g_B}{\gamma} H^o, \quad (7)$$

где

Δg_B – простая аномалия Буге;

γ – нормальное ускорение силы тяжести.

Библиография

- [1] Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 30.12.2015 г. № 431-ФЗ
- [2] Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 2378-р)
- [3] Гравиметрия и геодезия. Бровар Б.В., Ю.Н. Авсюк Ю.Н., В.О. Баграмянц В.О. [и др.] – М.: Научный мир, 2010
- [4] ГКИНП (ГНТА)– 03–010–02 Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов – М.: ЦНИИГАиК, 2003
- [5] Современная физическая геодезия. Мориц Г. Перевод с английского – М.: Недра, 1983
- [6] Теория фигуры Земли. Шимбирев Б.П – М.: Недра, 1975

УДК 629.783:[528.2+528.344+523.34.13]:006.354 ОКС 0.1.040.07 Э00

Ключевые слова: глобальная навигационная спутниковая система, альтиметрия, высота, геодезические параметры, общеземной эллипсоид, система координат, гравитационное поле Земли, нивелирование
