

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГУАССА ПРИ РАСЧЕТЕ НОРМАЛЬНЫХ ВЫСОТ С ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТЬЮ

О.З. АРАБОВ, докторант

*(Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
Ташкент)*

Широкое использование технологии глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS), онлайн-сервисов обработки данных GNSS и инструментов анализа Географической информационной системы (GIS) поставило перед специалистами задачу использования широкого спектра информации о местоположении, которая может быть получена на основе различных видов данных и, следовательно, является привязанной к различным национальным и глобальным системам отсчета (датумам). Интеграция большого набора данных необходима для решения задач анализа пространственных данных при анализе изменений окружающей среды, управлении национальной безопасностью и чрезвычайными ситуациями. На территории республики до настоящего времени действует статическая система координат СК42 и Балтийская нормальная система высот 1977 года. В рамках Государственного инвестиционного проекта по реализации Национальной географической информационной системы (НГИС) в Узбекистане решается задача по определению высотной основы с использованием современных высокоточных спутниковых данных [1]. К методам и точности определения высот и превышений предъявляются соответствующие требования в зависимости от целей, масштаба, сложности инженерно-строительных работ. Например, локальная система координат, построенная на высоте строящегося объекта на основе лишь одного пункта государственной геодезической сети и одного дирекционного угла при строительстве объектов небольшой протяженности, таких как мосты, плотины, не может быть использована при прокладке тоннелей метрополитенов из-за их значительной протяженности и их постоянного развития [2].

При определениях высот точек земной поверхности кривизной силовых линий обычно пренебрегают. Полагают, что высоты можно определять по нормальям к эллипсоиду. При высотах до 10 км погрешности по этой причине не превышают 0,01 мм [3].

Геодезическая высота H , как уже отмечалось, в современных условиях может быть определена по измерениям спутниковыми системами позиционирования.

Нормальная высота для удобства вычислений преобразована: выделена измеренная геометрическим нивелированием высота H^M и поправка к ней f^v за не параллельность уровенных поверхностей нормального поля силы тяжести и за аномалии силы тяжести [4].

Все высоты могут быть определены строго лишь по измерениям на физической поверхности без привлечения каких-либо гипотез о внутреннем строении Земли.

Практически нормальные высоты определяют по реперам с известными отметками. Нормальная высота в точке r по отношению к высоте в точке p вычисляется по формулам [5].

На равнинах отступления квазигеоида от геоида составляют несколько сантиметров. Наибольшие расхождения этих двух поверхностей, достигающие до 2 метров, могут иметь место на высокогорных плато. Высоты квазигеоида обязательны для установления взаимосвязи нормальных и геодезических высот.

Теория нормальных и аномальных высот разработана в 40-е годы М.С. Молоденским (1909-1991). Главным преимуществом нормальных и аномальных высот является то, что их можно строго и однозначно определить лишь по измерениям на физической поверхности Земли.

Определение нормальных высот спутниковым нивелированием. По координатам X, Y, Z , найденным посредством GNSS измерений, можно определить геодезические высоты h , а по ним вычислить нормальные высоты H^N . Такой метод определения нормальных высот называют спутниковым нивелированием. Таким образом, для вычисления нормальных высот по геодезическим высотам нужны гравиметрические определения, карты или модели аномалий высот.

Аномалии высот изменяются с увеличением расстояний между пунктами. Если не учесть эти изменения, то это приведет к погрешностям в передаче нормальных высот. Приблизительно можно полагать, что с каждым километром аномалия ζ изменяется на 1–2 см. При расстояниях между пунктами 50 км эти погрешности могут составить дециметры и даже превысить 1 м.

Рассмотрим способ Гаусса к решению задачи спутникового нивелирования.

На некотором участке имеется n опорных пунктов с известными нормальными высотами H^N и геодезическими высотами H_{GPS} . Алгоритм пересчета следующий.

– Определяются веса измерений $P_i = (1/S_i)^q$, где S_i – расстояние от текущей определяемой точки до i -го опорного пункта с известными высотами. Степень $q \geq 0$ (подбирается экспериментально).

– Вычисляется нормальная высота определяемого пункта по формуле среднего весового:

$$H^{\gamma} = H_{GPS} + \sum (H^{\gamma} - H_{GPS})_i P_i / \sum P_i .$$

Представление о точности алгоритма Гаусса можно получить по исследованиям в работе [6]. Точность способа зависит от числа опорных пунктов и равномерности их распределения на участке. Степенью q регулируется влияние отдалённых пунктов – чем степень больше, тем меньше вес этих пунктов.

Очевидно, что способ можно применять к определению не только нормальных высот, но и любых, созданных в локальной системе высот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О применении и открытом использовании на территории Республики Узбекистан международных геодезических систем координат. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан. №1022. 26.12.2017 г. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: http://www.lex.uz/pages/getpage.aspx?lact_id=3481466
2. Ключин Е.Б., Гайрабеков И.Г., Маркелова Е.Ю., Шлапак В.В. Спутниковые методы измерений в геодезии. Часть 3. Учебное пособие. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2015. – 110 с.
3. Огородова Л. В., Шимбирев Б. П., Юзефович А. П. Гравиметрия. –М.: Недра, 1978. – С. 218.
4. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М.: Недра. 1990. -168 с.
5. Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95). Издание официальное. –М.: ЦНИИГАиК, 2004. –138 с.
6. Баландин В. Н., Меньшиков И. В., Штерн С. Л. К вопросу определения нормальных высот точек для локальных объектов на основе спутникового нивелирования// Геодезия и картография. – 2012. – №10. – С. 17–21.