

География

УДК 528.2/5; 528.2/3

О ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СЕТИ БАЗОВЫХ
РЕФЕРЕНЦ (GNSS) СТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ АРМЕНИЯ
И КОМБИНАЦИИ С МОДЕЛЬЮ КВАЗИГЕОИДА

Ս. Յ. ՏԱԴԻՆՅԱՆ *

Кафедра инженерной геодезии НУАСА, Армения

В статье представлены принципы работы и результаты исследования сети постоянно действующих референц станций на территории РА. Включена информация о сферах применения сети, а также о совместном применении сети базовых станций и модели квазигеоида. Данное исследование еще один раз доказывает производительность данной технологии и ее преимущества по сравнению с традиционными методами. Представленные в статье данные получены путем полевых измерений и их дальнейшего анализа. Их сравнение с международными данными показало, что сеть базовых станций в РА соответствует международным нормам и стандартам, что позволяет проводить исследования с уверенностью в надежности данных.

Keywords: quasigeoid, base stations, GNSS, topography, ellipsoid, coordinate system.

Введение. В настоящее время определение пространственных координат объектов, находящихся на поверхности земли в реальном времени, становятся более востребованным. Во многих странах кроме отдельных постоянно действующих базовых референц (GNSS) станций (БРС) широко применяются сети, состоящие из станций, представляющих пользователям необходимую информацию для сверхточного и оперативного определения местоположения в реальном времени. Конфигурация сети, количество постоянно действующих БРС, средства связи, передача данных, полученных со спутников, сбор, обработка и другие действия бывают разными в зависимости от нагрузки и количества компаний. При наличии сети точность и безопасность определения пространственных координат не зависит от расстояния до БРС и от дальности действия средств связи. Для работы сети необходим сервер с соответствующим программным обеспечением, который и объединяет отдельные БРС в сеть и дает возможность оператору следить за работой станций, контролировать количество GNSS спутников, размер DOP-а, управлять сетью вдали от нее.

* E-mail: shahen_shahinyan@mail.ru

Технология спутниковых измерений находит все более широкое распространение на территории РА. На практике в подавляющем большинстве геодезических измерений используется относительный метод определения пространственных координат. Эта технология предполагает использование двух спутниковых приемников. Один из них выполняет роль базовой станции и помещается в удобном месте для спутниковых наблюдений, а другой, портативный, последовательно размещается на тех точках, пространственные координаты которых необходимо определить. Постоянно действующая БРС представляет собой спутниковый приемник, антенну, неподвижно закрепленную на здании или железобетонном столбе. В то же время приемник непрерывно измеряет пространственные координаты центра антенны. Одновременно несколько станций, непрерывно определяя свои пространственные координаты, формируют сеть постоянно действующих БРС.

Во время установки станций возникали проблемы, связанные с геофизическими особенностями Армении.

Климат. Армянское нагорье преимущественно имеет континентальный климат. По этой причине Армения выделяется жарким летом и холодной зимой. На территории Армянского нагорья встречаются все климатические зоны от тропиков до альпийских.

Рельеф. Средняя высота Армении составляет 1830 м над уровнем моря. Высшей точкой является г. Арагац (4090 м), а низшей – каньон р. Дебет (400 м). По отношению к прилегающим территориям РА имеет очень высокое положение. Например, средняя высота от уровня моря Евразии составляет 840 м, плато Малой Азии имеет среднюю высоту 1100 м, Иранское плато – 1200 м, средняя высота Грузии 1115 м, Азербайджана 750 м.

Первая постоянно действующая БРС на территории РА была установлена на здании ГНО “Центр геодезии и картографии” на пр. Комитаса в 2001 г. [1], Марка станции была GPS 1200, а антенны – АТ 502. Позже при модернизации станции антенна была заменена на более современную АТ 504. В последующие годы ЗАО “Градостроительство” была установлена БРС. Следует отметить что все станции были установлены в Ереване, но работали независимо друг от друга, то есть не были сетью. Наконец, в 2013 г. по решению Государственного комитета кадастра недвижимости при правительстве были установлены 12 постоянно действующих БРС, которые сформировали сеть [2]. Установка всех 12 станций была завершена в декабре 2013 г., а эксплуатация началась с января 2014 г. Стоимость установки составила 200 млн драм. Сеть должна была работать бесплатно в течение года и только с января 2015 г. пользование сетью должно было стать платным, но переход к платной системе не осуществлен до сих пор.

Местоположение станций. 12 станций покрывали всю территорию РА, кроме северной границы. Здесь предполагается сотрудничество с постоянно действующими станциями Республики Грузия. Станции расположены в городах Алаверди, Арташат, Апаран, Гавар, Иджеван, Мегри, Сисиан, Варденис, Ехегнадзор, Армавир и в поселках Ахурян и Хндзореск (рис. 1).

Уравновешивание сети было проведено совместно с шведскими и французскими специалистами. На территории республики было измерено 20 точек для уравновешивания и привязки сети к местной координатной

системе, 12 из них были предназначены для установки станций, 4 были точками национальной геодезической сети РА 0-го класса, остальные 4 – 1-го класса (см. таблицу).

Координаты 20 точек, измеренных в двух координатных системах и их разница

Название точки	Класс	X, м IGS08	Y, м IGS08	Высота U, м	X, м 2002.9	Y, м 2002.9	Высота U, м	Разница		
								$\Delta X, м$	$\Delta Y, м$	$\Delta U, м$
Ахурян	GNSS	4,5796	2,3590	1576,1488	4,8746	2,2066	1576,1320	-0,2950	0,1524	0,0068
Алаверди	GNSS	8,2465	3,0335	1048,5944	8,5476	2,8991	1048,5849	-0,3011	0,1344	0,0095
Амасия	0	2,8710	2,1314	2192,1222	3,1600	1,9800	2192,1035	-0,2890	0,1514	0,0187
Апаран	GNSS	8,2531	1,9292	1922,9160	8,5581	1,7816	1922,9041	-0,3050	0,1476	0,0119
Армавир	GNSS	0,2344	4,3346	906,4403	0,5415	4,1747	906,4256	-0,3071	0,1599	0,0147
Арташат	GNSS	1,0785	1,4015	867,5050	1,3960	1,2472	867,4957	-0,3175	0,1543	0,0093
Гавар	GNSS	2,6536	1,0070	2043,2148	2,9731	0,8689	2043,2109	-0,3195	0,1381	0,0039
Гюмри	1	1,6897	4,1067	1542,9957	1,9845	3,9530	1542,9784	-0,2948	0,1537	0,0173
Иджеван	1	5,5165	4,3688	872,4918	5,8273	4,2408	872,4876	-0,3108	0,1280	0,0042
Иджеван	GNSS	0,3186	0,6091	751,0397	0,6298	0,4797	751,0352	-0,3112	0,1294	0,0045
Капан	0	9,0282	2,2085	731,5225	9,3845	2,0752	731,5335	-0,3563	0,1333	-0,0110
Хндзореск	GNSS	7,0348	3,5725	1556,0064	7,3861	3,4437	1556,0169	-0,3513	0,1288	0,0105
Маргуни	1	5,0203	8,9658	1950,4916	5,3462	8,8278	1950,4900	-0,3259	0,1380	0,0016
Мегри	GNSS	4,7895	5,0788	710,4267	5,1477	4,9375	710,4361	-0,3582	0,1413	-0,0094
Ноемберян	0	3,4115	0,9711	927,8466	3,7158	0,8436	927,8403	-0,3043	0,1275	0,0063
Сисиан	GNSS	1,9716	2,1546	1618,3812	2,3171	2,0188	1618,3875	-0,3455	0,1358	0,0063
Варденис	GNSS	5,4498	6,8993	1979,1270	5,7808	6,7688	1979,1295	-0,3310	0,1305	0,0025
Варденис	0	7,1557	6,9155	2019,4028	7,4870	6,7846	2019,4052	0,3313	0,1309	-0,0024
Ерасх	1	2,4547	4,3095	906,1102	2,7799	4,1570	906,1044	-0,3252	0,1525	0,0058
Ехегнадзор	GNSS	3,5963	0,9740	1278,0812	3,9281	0,8299	1278,0800	-0,3318	0,1441	0,0012

Сеть постоянно действующих БРС гораздо эффективнее, чем традиционные триангуляционные и пологометрические сети. Станции могут быть установлены в удобных местах в отличие от традиционных, где выбирались только вершины.



Рис. 1. Местоположения станций.

Чтобы обеспечить охват территории РА сетью БРС и бесперебойное функционирование станций в реальном времени, были учтены следующие факторы: обеспечение видимости неба (этот фактор требует установить антенну максимально далеко от деревьев, зданий, которые препятствуют видимости неба); стабильность антенны; отражение волн; защита оборудования; физическая безопасность; метеоусловия местности установки; наличие электро-снабжения и магистральной связи;

РС на соседних территориях (50–70 км), крупных населенных пунктов, метеорологических станций. Передача данных с ровера на БРС осуществляется в формате Rinx по интернету и с помощью программного пакета.

Области применения сети постоянно действующих БРС очень разнообразны: картография, топографическая съемка, землеустройство, фотограмметрия, сбор ГИС-данных, аэрогеофизика, поисково-спасательные операции, навигация, системы определения местоположения транспортных средств, мониторинг земной коры, природных ресурсов, окружающей среды, используются в военных целях, авиации, в управлении строительством, измерении границ и т.д.

Согласно техническим требованиям, БРС расположены так, чтобы расстояние между ними не превышает 70 км.

Источники ошибок полученных данных. Точность позиционирования в реальном времени рассчитывается как среднеквадратическая ошибка: 10 мм + 1 ппм, поэтому точность определенных координат может быть вычислена:

для 1 км – 10 мм + 1 мм = 11 мм; для 10 км – 10 мм + 10 мм = 20 мм;

для 30 км – 10 мм + 30 мм = 40 мм.

Если измерения выполняются в режиме реального времени, то при идеальных атмосферных условиях второе слагаемое можно исключить и точность измерения не будет зависеть от расстояния БРС.

Другим источником ошибок во время измерений является многолучевая интерференция. Это происходит из-за сигнала, отражающегося от предметов, находящихся на поверхности, что создает заметные помехи на спутниковом сигнале. Специальные методы обработки сигналов и продуманная конструкция антенны позволяют минимизировать ошибки.

Оборудование постоянно действующих БРС, GNSS-приемники, антенны. Современные двухчастотные 72-канальные спутниковые GNSS-приемники являются наиболее подходящими для использования в качестве БРС, т.к. они позволяют принимать все типы спутниковых сигналов (L1, L2, кодовый, фазовый).

Каждая БРС имеет возможность непрерывно и быстро передавать сырые файлы на сервер, а также имеет большое количество внутренней памяти для хранения данных в случае каких-либо проблем со связью. Позже, после восстановления связи они автоматически передаются в центр управления. Одночастотные приемники не отвечают современным требованиям, по этой причине приемники постоянно действующих БРС в РА двухчастотные.

Антенны сверху покрыты крышкой из радиопрозрачного материала (пластмассы), защищающих их от осадков и различного мусора. Они размещены на бетонных или металлических столбах, не менее 10 см в диаметре или трубах (рис. 2), которые в свою очередь крепятся к несущей стене или крыше здания. Поскольку в основном антенны БРС установлены на больших расстояниях от приемника, то длина предназначенного для антенны кабеля бывает 10, 20, 50 м и более. Для постоянно действующих БРС Республики Армения она соответствует международным стандартам и не превышает 30–50 м.



Рис. 2. Антенна станции в г. Арташате.

Защита от грома и молнии. Защита осуществляется с помощью громоотводов или молнеотводов. Они состоят из одного или более металлических стержней, которые соединены толстой медной пленкой, нижняя часть которой закопана в землю. Специальный молнеотвод устанавливается непосредственно у спутниковой антенны. Чтобы молнеотвод не препятствовал прохождению спутниковых сигналов, он не слишком высокий. Под воздействием электромагнитного поля, возникающего во время грозы, в кабеле антенны может возникнуть электрический ток, который может привести к повреждению БРС. Для защиты приемника устанавливается зарядотвод, расположенный в кабеле антенны между антенной и приемником, с которого делается заземление.

Модель приемника сети постоянно действующих БРС в РА Leica GS 10. В нем имеется веб-интерфейс, позволяющий управлять БРС с помощью стандартного интернет-браузера [3].

Координатная система сети. Для сети была разработана специальная системы координат ArGmWGS. Это прямоугольная координатная система, основанная на международном эллипсоиде WGS. В зависимости от требований работы можно получить координаты в системах WGS-84, СК-42, UTM и др. Переход от одной координатной системы в другую выполняется автоматически или в оборудование вводится модель и параметры соответствующей координатной системы, а также online-методом через специальное окно на сайте.

Наличие на территории республики разветвленной сети постоянно действующих БРС позволяет перейти на следующий уровень определения высотных данных [4]. В rover станции, в передвижные станции, работающие непосредственно на территории обследуемого объекта, импортируется высотная модель квазигеоида, позволяющая на месте, в полевых условиях получать навигационные данные от спутников, коррекционные данные от БРС и разницу эллипсоидальных и нормальных высот. Комбинируя эти три компонента можно рассчитать точную нормальную отметку обследуемой точки. Такая возможность в разы облегчает работы по созданию карт с данными нормальных высот и выведение на поле проектных нормальных высот.

Таким образом, комбинированное использование сети базовых станций и модели квазигеоида позволяет увеличить скорость выполнения полевых геодезических, картографических, строительных и других работ, более того, снижается трудозатратность, вследствие чего можно сэкономить финансовые средства.

Поступила 31.05.2017

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон о геодезии и картографии в РА. 02.05.2001. ՀՕ-1792.
2. О создании постоянно действующей ГНС (глобальная навигационная система) сети референц станции в Республика Армения. Правительство РА. 23.12.2010. Решение № 1720.
3. Armenia Continuously Operating Reference Stations Coordinates Computation Report. Yerevan, 2013.
4. Zero-Order Network of Armenia, AM2-4-2. SWEDESURVEY, 2003.

Շ. Ջ. ՇԱՀԻՆՅԱՆ

ՀՀ ՄՇՏԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՂ ՌԵՖԵՐԵՆՑ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ՑԱՆՑԻ ԵՎ
ՔՎԱԶԻԳԵՈՒԴԻ ՄՈԴԵԼԻ ՀԵՏ ՀԱՄԱՏԵՂ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՍԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հոդվածում ներկայացված են ՀՀ տարածքում մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցի աշխատանքի սկզբունքները և հետազոտման արդյունքները: Ներառված են տեղեկություններ ցանցի կիրառման ոլորտների, ինչպես նաև բազային կայանների ցանցի և քվազիգեոիդի մոդելների համատեղ կիրառման մասին: Հետազոտությունը ևս մեկ անգամ ապացուցում է այս տեխնոլոգիայի արդյունավետությունը և առավելությունն ավանդական եղանակների նկատմամբ: Հոդվածում ներկայացված թվային տվյալները ստացվել են դաշտային չափումների և դրանց վերլուծության արդյունքում: Վերջիններիս համեմատումը միջազգային տվյալների հետ ցույց է տալիս, որ գործող բազային կայանների ցանցը համապատասխանում է միջազգային նորմերին և ստանդարտներին, ինչն էլ ապահովում է ցանցի կիրառմամբ կատարված հետազոտությունների հավաստիությունը:

Sh. Z. SHAHINYAN

ABOUT THE GNSS NETWORK OF BASIC, REFERENCE STATIONS
IN THE REPUBLIC OF ARMENIA AND THE COMBINATION
WITH THE QUASIGEOID MODEL

Summary

Principles of the work and the results of a survey of the reference stations network on the territory of the RA are described in the article. Information about range on using of the network, as well as on the joint exchange of the network of base stations and the quasigeoid model is included. This survey once again proves the productivity of the technology and advantage over the use of traditional methods. The data presented in the article are obtained by field measurements and their further analysis. Comparison of the obtained data with international data showed that the network of base stations in the Armenia is in compliance with international norms and standards, which makes it possible to conduct research with the help of this network, being sure of the reliability of the data.