

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЕМНИКОВ ГНСС НА МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ «ЛИПЦЫ»

А.В. Любжин, Е.М. Занимонский, П.И. Неежмаков, В.С. Купко
ННЦ «Институт метрологии», 61002, Харьков, ул. Мироносицкая, 42,
тел. (057) 704-98-23, e-mail: aleksei.liubzhyn@gmail.com

It is proposed to use for the GNSS metrology the polygon «Lyptsi» of NSC «Institute of Metrology», which has several points of the same type for location of GNSS-receivers, and, what is very important, with simultaneous location of reflectors and laser distance meters.

Современное использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в геодезической практике должно быть надежно метрологически обеспечено [1]. Объективная оценка точности ГНСС-измерений, выполняемых с помощью конкретных приемников и определенных программ невозможна без метрологических полигонов [2, 3], которые необходимы также для работ с лазерными дальномерами.

При геодезических измерениях используются системы координат, реализуемые мировой сетью перманентных станций ГНСС на основе современного определения эталона длины через эталон времени и скорость света, воспроизводимого космическими технологиями. Для метрологии больших длин, в терминах лазерной дальнометрии, или малых, до нескольких километров, расстояний в терминах ГНСС, важным является наличие в этой сети нескольких десятков пар станций с расстояниями между ними в диапазоне от единиц метров до единиц километров. Эти расстояния могут быть определены по координатам станций, постоянно вычисляемым в нескольких научных центрах с последующим уравниванием [4].

Совокупность таких пар станций глобальной сети можно представить как распределенный эталон длины в области измерений малых расстояний (больших длин). Для внедрения этого международного эталона в метрологическую практику необходимо оценить неопределенности воспроизведения расстояний между парами станций, предложить техническое решение для национальных эталонов и способа передачи единицы длины к этим эталонам и далее к рабочим средствам измерений ГНСС.

Для спутниковых и дальномерных измерений требуется две ветви в поверочной схеме, которые связаны с эталоном времени и частоты в верхней части схемы и расходятся на уровне первичных эталонов, астрономо-геодезических пунктов и стабилизированных лазеров. Сходятся эти ветви, например, на уровне национальных эталонов больших длин, реализуемых как линейные геодезические базисы.

Расстояния между перманентными станциями можно считать наиболее точными результатами геодезических измерений. Для практического использования этих результатов есть только одно существенное ограничение - с погрешностью в миллиметры и менее известны расстояния между «виртуальными» пространственными объектами, а именно, средними фазовыми центрами приемных антенн ГНСС на двух частотах. В настоящее время практически нет ни одной перманентной станций ГНСС, координаты которой, а, фактически, координаты линейной комбинации фазовых центров антенны на двух частотах, были бы связаны с координатами близлежащего геодезического пункта на субмиллиметровом уровне точности. Таким образом, нет возможности связать ГНСС и дальномерные измерения с такой точностью.

Выход из положения может заключаться в том, чтобы использовать метрологические базисы, подобные харьковскому полигону в Липцах, оборудованные реперными пунктами, на которых можно устанавливать одновременно два геодезических прибора, антенну ГНСС и отражатель дальномера.

Возможны два варианта метрологической связи пунктов такого полигона с международным эталоном в виде сети перманентных станций. В первом случае

реперные пункты полигона непосредственно включаются в глобальную или региональную сеть, становятся перманентными станциями, элементами распределенного международного эталона. Соосно с антеннами расположенные геодезические приборы, отражатели, дальномеры могут быть использованы для сравнения результатов измерения длин двумя различными способами, дальномерным и ГНСС. Полигон аттестуется как национальный эталон.

Во втором случае на пунктах полигона устанавливаются приемники ГНСС и работают в режиме, аналогичном тому, в котором работают приемники перманентных станций. Обработка первичных данных, накапливаемых в приемниках, и вычисление расстояния между пунктами выполняется с помощью откалиброванного (аттестованного) эталонного программного пакета. В процессе калибровки вычисляются расстояния между парами перманентных станций и сопоставляются с расстояниями, вычисленными по координатам этих станций из глобальных или региональных сетевых решений. Таким образом устанавливается связь национального эталона с международным.

Исследования дальномерной аппаратуры на полигоне «Липцы» проводятся уже более тридцати лет. В последние годы выполняются метрологические работы и с приемниками ГНСС. В настоящем докладе приводятся некоторые результаты исследований бюджета неопределенностей измерений на полигоне с использованием промышленных геодезических приемников ГНСС разных производителей. Основное внимание уделялось оценке влияния многолучевости и эффектов ближнего поля приемных антенн, а также локальных градиентов тропосферной задержки сигналов.

Наряду с отмеченными достоинствами реперных пунктов полигона имеется существенный недостаток, который заключается в наличии поблизости от антенн металлических предметов. Посадочное место, с помощью которого центрируется геодезическое устройство, выполнено на стальной пластине с размерами сравнимыми с длиной принимаемой электромагнитной волны. Поэтому для уменьшения влияния эффектов ближнего поля приходится поднимать антенну над репером. Оптимальная высота, определявшаяся в ходе исследований, зависит от типа антенны и составляет единицы дециметров (рисунок).



Рис. Один из реперных пунктов полигона «Липцы» с антенной «choke-ring»

Металлическая площадка для обслуживания аппаратуры является источником вторичного (отраженного) поля, принимаемого антенной. Устранение влияния этого источника многолучевости, как было показано, в настоящее время может быть только за счет использования геодезических антенн высшего качества типа «choke-ring».

Задача учета систематических погрешностей измерения расстояния между пунктами из-за различия тропосферной задержки распространения спутниковых

сигналов до приемных антенн на этих пунктах была обоснована в работе [5]. Влияние локальных градиентов запаздывания сигналов в приземной тропосфере, которым обычно пренебрегают, было проверено в ходе специального исследования [6].

Зачастую реперы, на которых фиксированы антенны, находятся на лугу, окруженном невысоким лесом, не ограничивающим видимость спутников. Наличие леса или кустарников приводит к существенным горизонтальным градиентам температуры и влажности приземного слоя тропосферы, особенно в солнечный летний день. В свою очередь, градиенты практически отсутствуют дождливой осенней ночью. Если близкие перманентные станции имеют антенны расположенные на различных высотах – около полутора метров над поверхностью грунта и в полуметре над крышей двухэтажного здания, то локальные тропосферные градиенты также проявляются.

Предполагается, и это предположение проходит проверку, что эти эффекты минимальны для пунктов километрового метрологического базиса «Липцы». Реперные пункты расположены на однородной поверхности, представляющей собой травянистый луг, который является наиболее желательным с точки зрения минимизации эффектов многолучевости. Редкий лес и овраг около метрологического полигона оказывают слабое влияние на присутствие тропосферных градиентов, так как эти элементы ландшафта вытянуты вдоль измерительного базиса.

Национальный эталон длины в виде геодезического базиса, включающего в себя несколько реперных пунктов, может быть двояким образом связан с международным эталоном, путем непосредственного включения в глобальную сеть перманентных станций или с помощью эталона-переносчика, в качестве которого следует использовать аттестованный пакет программ.

Полигон «Липцы» имеет несколько однотипных пунктов для антенн приемников ГНСС с одновременным размещением отражателей оптических дальномеров. Экспериментальные исследования показали наличие существенных эффектов близкого поля и многолучевости, которые могут быть подавлены путем использования качественных антенн и оптимальным их расположением.

Список литературы

1. Купко В. С., Гафанович Г. Я., Зимокосов Г. А., Ковшов С. Б., Соловьев В. С. Состояние и основные проблемы метрологического обеспечения линейных и угловых измерений в Украине / Измерительная техника, № 5, Москва, 2006.
2. Купко В., Прокопов О., Лукін І., В.Соболь, Косенко О., Кофман О. Національний лінійно-геодезичний полігон // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр. –Л., 2004, –С. 98-109.
3. Тревого І.С., Савчук С.Г., Денисов О.М., Волчко П.І. Новий взірцевий геодезичний базис // Вісник геодезії та картографії. – 2004. - №1.-С.12-16.
4. Altamimi Z., Collilieux X. IGS contribution to the ITRF. Journal of Geodesy 83. 2009. pp. 375-383.
5. Вшивкова О.В. Разработка концепции и технологии эффективного учета влияния приземного слоя атмосферы на угловые и линейные геодезические измерения : автореферат дис. доктора технических наук: 25.00.32 [Место защиты: Моск. гос. ун-т геодезии и картографии] Москва, 2010 48 с. : 9 11-4/159.
6. Cisak J., Zak L., Stepniak K., Wielgosz P., Kupko V.S., Olijnyk A.Y. Liubzhyn A., Zanimonskiy Y.M. Investigation of uncertainty of GNSS-based distance metrology using EPN double stations data. Presented at EUREF 2014 Symposium, 4 - 7 June 2014, Vilnius, Lithuania.