В ходе данного исследования были выполнены построения карт, которые характеризуют современные геодинамические процессы на территории Ханты-Мансийского автономного округа. Полученные карты основаны на наиболее подходящей для данной территории модели кинематики тектонических плит. Данные карты можно использовать для повышения точности измерений при различных видах мониторинга, путем внесения поправок в измерения. Важно так же сказать, что рассматриваемая в исследовании модель не позволяет полностью описать кинематику региона, так не является совершенной. Для более точного описания кинематики, необходимо развивать сеть базовых станций в регионе, но на данном этапе наиболее оптимальным является использование математических моделей.

1. Спесивцев А.А. Разработка методики учета сезонных геодинамических эффектов с использованием данных о гравитационном поле Земли: Дис канд. техн. наук. – Москва, 2017г. – 110 с.
2. Тимофеев В.Ю. Об унаследовании движений сибирской платформы (GPS и палеомагнитные данные) / В.Ю. Тимофеев, Д.Г. Ардюков, А.Ю. Казанский, Д.В. Метелкин, Е.В. Бойко, В.Ю. Брагин // Гео-Сибирь: - 2008. - №2 Том 3. – С.279-284
3. Чистогова В.А. Определение параметров движения литосферных плит в районе мониторинга / В.А. Чистогова, Е.С. Богданец // Master's journal: - 2019. - №1 – С. 57-61.
4. Plate Motion Calculator [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html>
5. Geodesy for Planet Earth: Proceedings of the 2009 IAG Symposium, Buenos Aires, Argentina, 31 August 31 - 4 September 2009 [Электронный ресурс]. – URL: https://books.google.ru/books?id=XwYWcXVIXGkC&dq=APKIM2000&hl=ru&source=gbp_navlinks_s

Чистогова В.А.

Исследование зависимости точности позиционирования базовых GNSS станций от температурного фактора

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет
(Россия, Пермь)*

doi: 10.18411/lj-07-2019-86

idsp: ljjournal-07-2019-86

Аннотация

В данной статье рассматривается зависимость точности позиционирования базовых станций от влияния температурного фактора. Исследование проводилось на основании наблюдений за GNSS станцией в течении 5 дней. В результате анализа были построены графики зависимости СКП базовой станции от температуры.

Ключевые слова: базовая станция, температура, GPS, GNSS, AUSPOS, PPP

Abstract

This article discusses the dependence of the accuracy of the positioning of base stations on the influence of the temperature factor. The study was conducted on the basis of observations of the GNSS station for 5 days. As a result of the analysis, we plotted the temperature dependence of the mean square error base station.

Keywords: temperature, GPS, GNSS, AUSPOS, PPP

В 1957 году состоялся первый успешный запуск первого искусственного спутника земли в СССР. Это стало первым толчком в развитии Глобальных Навигационных Спутниковых Систем (GNSS). GNSS изначально задумывалась и разрабатывалась исключительно для военных нужд. В настоящее время, GNSS системы принимают участие не только в военной сфере, а также в науке, бизнесе, промышленности, бытовых

повседневных задачах и тд. GNSS системы оказывают большое влияние на все сферы деятельности государства.

GNSS базовые станции используются для широкого круга задач, как в научной сфере, так и в изысканиях, кадастровых работах, мониторинге деформаций земной поверхности и тд.

Таким образом, задача повышения точности позиционирования базовых GNSS станций актуальна.

Гипотеза данной статьи основана на исследовании, которое было проведено в статье «Исследование влияния времени суток на точность позиционирования базовых GNSS-станций» [1, с.3], по результатам которого можно предположить, что деформации крепления GNSS антенны и самой антенны, из-за теплового расширения материалов, вследствие изменений температуры воздуха.

Были сформулированы следующие цели: найти и выбрать базовую GNSS станцию, которая бы стабильно работала в климатических условиях с значительным суточным изменением температур; определить выборку данных, когда изменения климатических условий были бы минимальны; обработать полученные данные; сделать выводы по полученным результатам.

Поиск нужной базовой станции и скачивание выборки данных производилось с помощью сервиса SOPAC. SOPAC – это крупнейший сервис, на котором выложены данные со множества базовых GNSS станций по всему миру в открытом доступе.

Чтобы подчеркнуть и обнаружить зависимость точности позиционирования от изменения температуры, необходимо найти станцию, расположенную в климатических условиях с значительным суточным изменением температур. При этом необходимо минимизировать остальные негативные внешние факторы, такие как: влажность и количество осадков, сейсмическая устойчивость района, устойчивость грунта области нахождения станции, наличие атмосферных аномалий и помех.

Таким образом была выбрана станция находящаяся в пустыне Мохаве, Аризона, США. Выбранный период измерений составил 5 дней с 01.07.2017 по 05.07.2017. Температурный минимум +18°C, а максимум +40°C, в среднем колебания температур составили около 20°C.

Данные GNSS измерений обрабатывались с помощью бесплатной онлайн системы обработки данных GPS – AUSPOS. AUSPOS производит вычисления с использованием ПО Bernese. Bernese - это научное, высокоточное программное обеспечение для обработки данных с GNSS станций, разработанное в Астрономическом институте Университета Берна (AIUB).

Так же, нужно отметить, что в процессе обработки данных AUSPOS учитывает и вносит свои поправки в выдаваемые результаты, чтобы минимизировать влияние таких негативных факторов, как тропосферы, ионосферы, погрешность часов приемника и другие.

Файлы RINEX с сервиса SOPAC скачивается во времени UTC. Таким образом, чтобы иметь правильное представление о полученных результатах, данные были переведены в часовой пояс UTC -7 часов, штата Аризона, где располагается выбранная GNSS станция. Данные о погоде были взяты из архива Weather Underground [3], с ближайшей метеостанции. Во все дни наблюдений погода была безоблачной, без осадков и каких-либо аномалий.

Чтобы наблюдать изменения положения GNSS станции в течении суток, необходимо разбить данные суточных наблюдений на периоды. Длина периода была выбрана 4 часа, что позволит с достаточной детальностью отразить картину изменений, и в тоже время не пострадает получаемая точность, поскольку основной прирост точности GNSS измерений происходит в первые 2-3 часа.

На рисунке 1 представлен график зависимости СКП позиционирования базовой станции от температуры по обработанным данным. Полученные значения СКП расставлены на середину временного интервала. Температура, указана, полученная в этот момент времени.

Рис. 1 График значений СКП в зависимости от температуры

Из рисунка 1 видно, что пики значений СКП совпадают с максимумами температуры с 13-17 часов. Так же видно, что в период спада температуры с 17-21 часа идет повышение точности позиционирования, а в период повышения температуры с 7-13 часов идет повышение СКП. Однако из графика видно, что, хотя минимум температуры устанавливается ночью с 23-6 часов, есть некоторое повышение СКП, которое явно зависит от других факторов.

Это явление необходимо изучить более детально, но можно предположить, что оно возникает из-за ухудшения качества геометрии спутников. То есть уменьшалось количество наблюдаемых прибором спутников. С помощью сервиса Trimble GNSS Planning Online мы можем узнать для нужной нам точки земли качество спутникового GNSS покрытия, количество видимых спутников, DOPs (ухудшение точности положения спутников на небосводе), период наблюдения спутника, степень отрицательного влияния ионосферы и др. Изучая используемые нами данные с помощью этого сервиса, можно заметить, что малое количество спутников и наибольшие пики погрешностей, с этим связанные, возникают в 04:10, 13:20 и 16:10 по местному времени [2]. Измерения, проведенные в 13:20 и 16:10 попадают в общий интервал наблюдений с 13-17 часов по местному времени, что увеличивает пик СКП.

В GNSS измерениях точность плановых координат всегда была выше, чем по высоте. Вот и в этом исследовании величина СКП по высоте больше в 3 раза, чем плановые СКП. 1-2мм – СКП в плане. 9мм – СКП по высоте. В связи с этим особый интерес представляет зависимость изменения вычисленной высоты базовой станции и изменение температуры воздуха, представленная на рисунке 2.

Рис. 2 График значений H в зависимости от температуры

На рисунке 2 показано, что суточные колебания по высоте составили 0,04м. при колебании температуры 20°C. Пики наибольшей суточной высоты достигаются тогда, когда температура набрала свой максимум, так же минимумы температуры совпали с минимумами высотных отметок.

Рис. 3 График изменения усредненных плановых координат в течении суток

Восход солнца начинается в 5:30, а закат в 19:50 по местному времени. Согласно рисункам 2-3 делаем вывод, что температура влияет на положение базовой станции путем деформационных расширений конструкций, на которых установлена базовая станция. Солнце всходит на востоке, нагревает сначала одну сторону GNSS станции, при этом идет интенсивное нагревание воздуха, стоит отметить, что в 11 часов повышение температуры воздуха замедляется, он уже почти достиг своего максимума. На рисунке 3 линии перемещения пересекаются примерно во время прохождения солнцем зенита. С 11 до 19 часов температура воздуха отклоняется в малых пределах (около 4 градусов), что выражается в плавно изменяющемся графике. С 19 по 23 часа происходит интенсивное остывание GNSS станции. С 23 по 7 часов на GNSS станцию почти не влияет солнце. Можно отметить, что при интенсивном изменении температуры, изменение положения GNSS станции, так же больше, чем при малом изменении температуры.

В заключении, можно сказать, что тепловое расширение материалов GNSS антенны, ее крепления, поверхности грунта, здания (если станция расположена на нем) оказывает влияние на точность ее позиционирования. Полученные погрешности не окажут существенного влияния на проведения геодезических изыскательных работ, но при проведении геомониторинга земной поверхности, или использовании этих данных в научных целях, данные погрешности лучше устранить, введя систему поправок в полученные результаты и жестко закрепив антенну с помощью материалов, которые менее подвержены тепловому расширению.

1. Тютюков, А.С. Исследование влияния времени суток на точность позиционирования базовых GNSS-станций / Тютюков, А.С., Богданец, Е.С. // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых: материалы XI Всероссийской науч.-технич. конф. -2018
2. Trimble GNSS Planning Online // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.gnssplanning.com/#/settings>
3. Weather Underground // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.wunderground.com>

Pentiukova E.O.

Activities of airports as part of transport system of the country

*Far Eastern State Transport University
(Russia, Khabarovsk)*

doi: 10.18411/lj-07-2019-87

idsp: ljjournal-07-2019-87

Аннотация

Данная статья посвящена вопросам решения задач аэропортов-хабов. Проведен анализ причины проблем, возникающих в деятельности хабов, а также государственных программ, направленных на развитие отрасли.