

ИССЛЕДОВАНИЕ УКЛОНЕНИЯ ОТВЕСНОЙ ЛИНИИ НА ТЕРРИТОРИИ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ИМЕНИ ЭНГЕЛЬГАРДТА

Ситдигов Нияз Айдарович

студент, Казанский Федеральный Университет, РФ, г. Казань

Уклонение отвесной линии

УОЛ (Уклонение Отвесной Линии)– угол между реальным направлением отвесной линии и нормалью к референц- эллипсоиду. Эта величина имеет две составляющие: в плоскости меридиана север- юг (ξ) и в плоскости первого вертикала восток- запад (η).

$$\varepsilon = \xi * \cos \alpha + \eta * \sin \alpha$$

(1),

α - геодезический азимут. [1]

Так как линейный базис обсерватории имени Энгельгардта расположен вдоль линии меридиана, можно найти только меридиональную составляющую (север- юг) уклонения отвесной линии.

$$\varepsilon = \xi * \cos \alpha \quad (2)$$



Рисунок 1. УОЛ и высота геоида

На рис.1 видно, что

$$\varepsilon = \frac{-\Delta C}{\Delta S} \quad (3).$$

ΔS - горизонтальное проложение.

Через формулы 3 и 4 получаем:

$$\frac{-\Delta C}{\Delta S} = \xi * \cos \alpha \quad (4);$$

$$\xi = \frac{-\Delta C}{\Delta S * \cos \alpha} \quad (5).$$

То есть для того, чтобы посчитать меридиональную составляющую уклонения отвесной линии, необходимо знать разность высотных аномалий пары точек, горизонтальное проложение и азимут с пункта, на который ведется расчет этой величины.

Для расчета меридиональной составляющей уклонения отвесной линии использовались данные геометрического и спутникового нивелирования, а также дальномерные измерения, выполненные в период с 2012 по 2019 гг.

В качестве результата расчетов на рис.2 представлена динамика изменения уклонения отвесной линии на одном из пунктов линейного базиса.

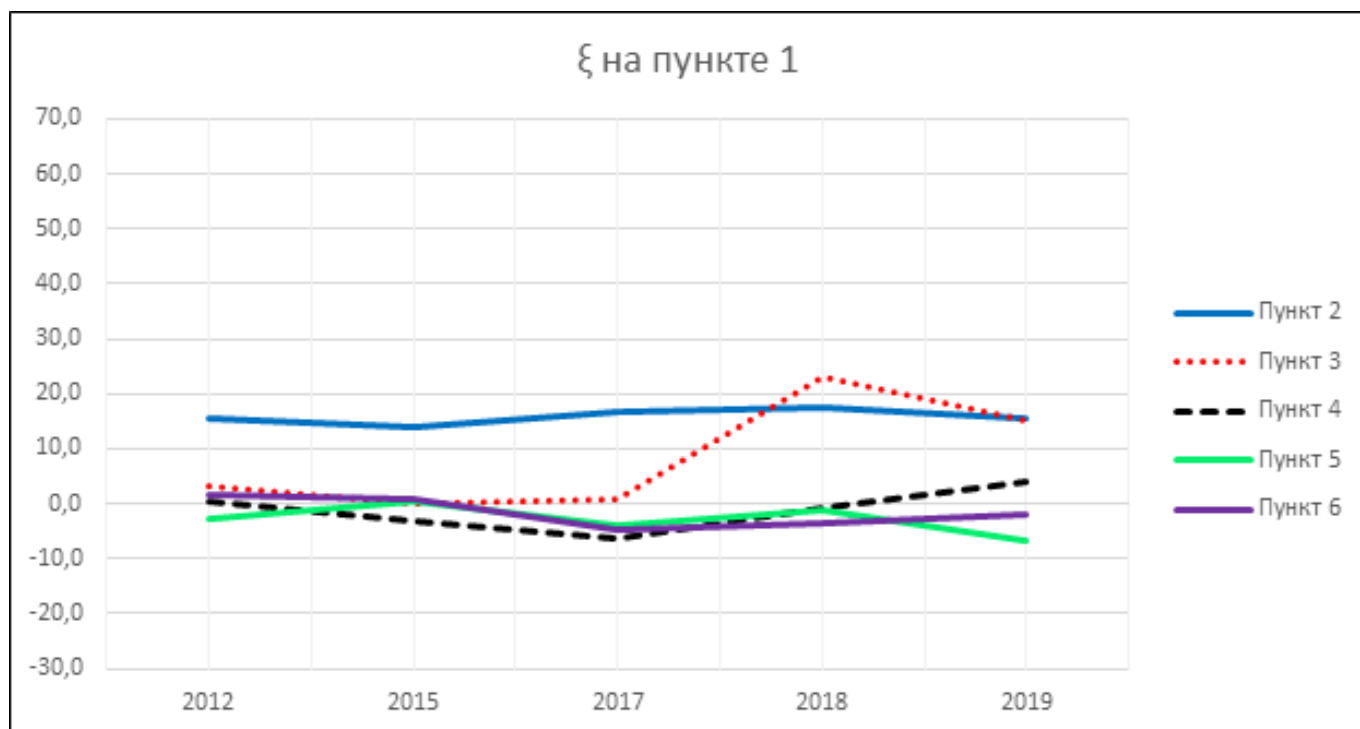


Рисунок 2. Динамика ξ пункта 1

Оценка точности расчета меридиональной составляющей уклонения отвесной линии

Известно, что квадрат среднеквадратической ошибки (СКО) некоторой функции, например, трех аргументов вычисляется по формуле:

Для функции

$$y = f(x_1, x_2, x_3) \quad (6)$$

квадрат СКО равен

$$m_y^2 = \left(\frac{\delta f}{\delta x_1}\right)^2 * m_{x_1}^2 + \left(\frac{\delta f}{\delta x_2}\right)^2 * m_{x_2}^2 + \left(\frac{\delta f}{\delta x_3}\right)^2 * m_{x_3}^2$$

(7)

Дифференцируя исходную формулу (6) для вычисления составляющей УОЛ в меридиане, имеем:

$$S * d\xi + \xi * dS = -d\Delta C$$

(8)

$$-d\Delta C = ((dH_B - dH_A) - (dh_B - dh_A))$$

(9)

Далее переходим к СКО составляющей УОЛ в меридиане:

$$S^2 * m_\xi^2 + \xi^2 * m_S^2 = m_{\Delta H}^2 + m_{\Delta h}^2$$

(10)

Так как

$$\xi^2 + m_S^2 \approx 0 \quad (11)$$

в итоге получаем в секундах дуги:

$$m_\xi = 206265'' * \sqrt{\frac{m_{\Delta H}^2 + m_{\Delta h}^2}{S^2}}$$

(12).

По результатам оценки точности можно сделать вывод о том, что расстояние между пунктами существенно влияет на СКО, а именно, чем меньше горизонтальное проложение, тем выше ошибка. На этом основании, было принято следующее решение: для расчета ξ на конкретном не использовать данные, полученные на соседних или близлежащих пилонах.

В качестве итога можно сказать следующее:

- Постоянство ежегодных приращений ξ в течение нескольких лет на пунктах 1, 2, 3, 4 свидетельствует о возможном наличии общей волны наклона квазигеоида;
- Положение поверхности квазигеоида является более устойчивой его характеристикой, нежели наклон. По этой причине, изменение наклона обладает преимущественной геодинамической информативностью по сравнению с аномалией высоты.

Список литературы:

1. «Физическая геодезия», Бернхард Гофман- Велленгоф, Гельмут Мориц;
2. «Determination of the deflection of vertical components via GPS and leveling measurement: A case study of a GPS test network in Konya, Turkey», Ayhan Ceylan, 2009;
3. «Time variable Earth's gravity field from SLR satellites», Krzysztof Sośnica, Adrian Jäggi, Ulrich Meyer, Daniela Thaller, Gerhard Beutler, Daniel Arnold, Rolf Dach.