

В табл. 1 приведены результаты камеральной обработки измерений. В полевых же условиях аналогичное сравнение показало грубое расхождение в превышениях (компоненте DU), которое составило 8 см. Было выдвинуто предположение, что программа неправильно вводит измерения высоты до дна антенны.

Программа предусматривает три способа приведения измерений к геодезическим центрам: высота антенны измеряется до края ее корпуса, до дна антенны, до фазового центра. При выполнении измерений разными типами антенн сырые (исходные) файлы для обработки переводят в международный формат RINEX. При обработке файлов в этом формате принято указывать высоту, измеренную до отсчетной точки нижней части корпуса антенны. При вводе высоты антенны этим способом, после обработки, и были получены превышения, расходящиеся с данными измерений 2012 года.

После окончания полевых работ был проведен анализ результатов измерений, который состоял в следующем: применяли разные способы ввода в программу измеренной высоты антенны: наклонной, вертикальной и др. Также вручную вычислили правильное значение и ввели его в программу – после обработки были получены превышения, практически полностью совпадающие с превышениями, полученными при обработке прошлогодних измерений.

Проведенный анализ показал, что наше предположение было верным и ошибка заложена в программе обработки спутниковых наблюдений, т. е., по-видимому, при ее разработке была неправильно запрограммирована процедура коррекции измеренной высоты до отсчетной точки нижней части корпуса антенны.

THE SATELLITE OBSERVATIONS ACCURACY'S ANALYS

Bayramov A.N., Parpura D.I., Bobileva A.S., Sharapova D.A.

Summary

The analysis of repeated satellite observations on points of geodetic network to assess its stability.

АНАЛИЗ НЕРАВНОТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

П.А. Докукин, Байрамов А.Н., Феклистов Д.Ю.

Российский университет дружбы народов, Россия

Для анализа неравноточности измерений была проведена статистическая проверка гипотезы о равенстве дисперсий измеренных значений длин линий, азимутов и компонент трехмерных векторов.

Таблица 1. Суммы квадратов отклонений измеренных величин от среднего

Линия	Расстояния S, м	Суммы квадратов отклонений измеренных величин от среднего (мм)				
		Расстояния	Компоненты трехмерного базового вектора			Азимуты
			$[\delta^2l]$	$[\delta^2n]$	$[\delta^2e]$	
A-B	337,6529	0,0112	0	0	0	0
A-C	213,9604	0,0061	0	0	0	0
D-1	143,3307	0,4743	0,9136	0,6017	0,4189	0,6288
D-2	573,9001	0,6088	1,0295	0,1800	0,4184	1,0280
1-2	705,8650	0,2400	0,5514	0,8011	0,1652	1,0486

В ходе эксперимента были вычислены отклонения измеренных величин от среднего значения, определены их суммы, после чего возвели полученные значения в квадрат. Результаты вычислений приведены в табл. 1.

Далее, используя данные табл. 1, по методике, изложенной в (Смирнов Н.В., Белугин Д.А., 1969) определены дисперсионные отношения:

$$F_{A/S} = \frac{[\delta^2_{Ai}]}{[\delta^2_{Li}]},$$

$$F_{N/E} = \frac{[\delta^2_{Ni}]}{[\delta^2_{Ei}]},$$

$$F_{N/U} = \frac{[\delta^2_{Ni}]}{[\delta^2_{Ui}]},$$

$$F_{E/U} = \frac{[\delta^2_{Ei}]}{[\delta^2_{Ui}]}$$

где F – дисперсионные отношения, $[\delta^2_{Ai}]$, $[\delta^2_{Li}]$, $[\delta^2_{Ni}]$, $[\delta^2_{Ei}]$, $[\delta^2_{Ui}]$ - соответственно суммы квадратов отклонений измеренных расстояний, азимутов, компонент трехмерного вектора от средней величины.

После вычисления фактических дисперсионных отношений, производится их сравнение с теоретическими значениями (Смирнов Н.В., Белугин Д.А., 1969), при вероятности 0,95.

Результаты вычислений приведены в табл. 2.

Таблица 2. Значения фактических и теоретических дисперсионных отношений

Параметр	Дисперсионные отношения			Число наблюдений
	Фактические F	Теоретические		
		F _{5%}	F _{15%}	
F _{A/S}	2.018	1.984	1,575	24
F _{N/E}	1.576	1.931	1,547	26
F _{N/U}	2.488	1.931	1,547	26
F _{E/U}	1.579	1.931	1,547	26

Приведенные в табл. 2 результаты статистической гипотезы о равенстве дисперсий, позволяет сделать следующие выводы:

Гипотеза о равенстве дисперсий не подтверждается при доверительных вероятностях 5% и 15%, что говорит о неравноточности GPS измерений;

Азимут определяется существенно грубее длины базисной линии. По нашему мнению это может происходить по следующим причинам: согласно Техническому предписанию (Техническое предписание по выполнению спутниковых наблюдений при построении фрагментов ФАГС и ВГС, 2003) на приемниках должен устанавливаться режим, при котором не учитывается информация со спутников, находящихся ниже 15° (рис. 1). Это требование продиктовано тем, что ниже этого предела сигналы могут быть экранированы объектами местности. Как известно, для получения точных значений азимутов необходимо использование спутников, находящихся в горизонте. В нашем же случае, в виду требований [5] – это невозможно, поэтому азимуты определяются с существенно большей погрешностью, чем длины базисных линий. Как видно из рис. 1, в общей сложности, при соблюдении требования Технического предписания, на 30% обедняется измерительная информация, важная для определения азимутов. Возможный выход из этого положения – применение методов геодезической астрономии, которые позволяют получить точные значения азимутов и при больших углах отсечки (до 20°).

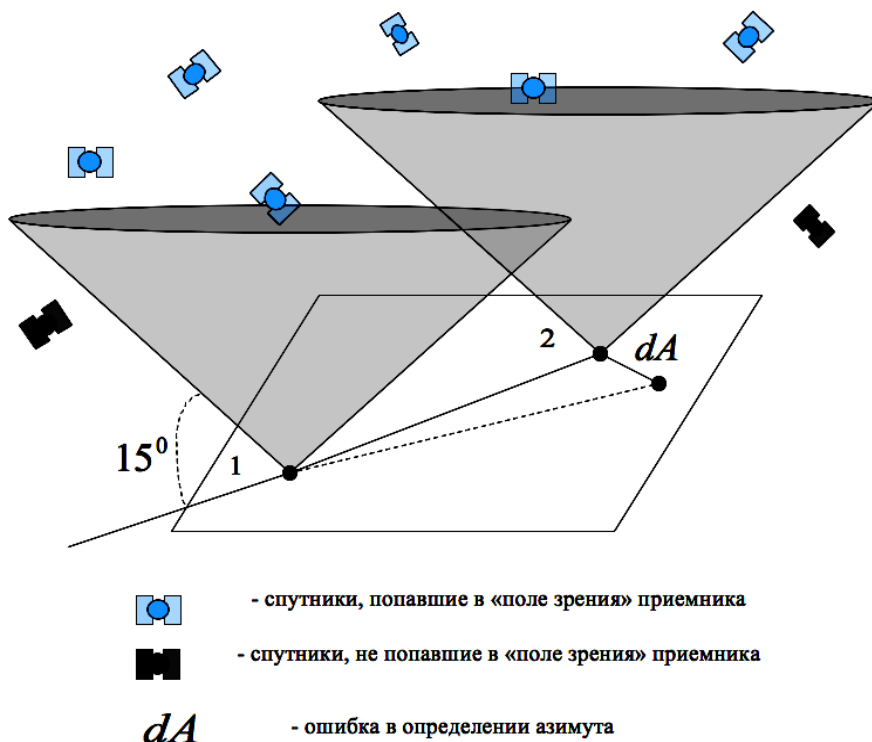


Рис. 1. Обзор спутников, с учетом требований Инструкции

Вертикальная компонента вектора точнее топоцентрической абсциссы. Согласно математической модели спутниковых определений (Гаврилов Ю.А., 2003), спутники, расположенные в зените над определяемым пунктом, значительно повышают точность определения вертикальной составляющей, в то время как спутники, расположенные по периферии, повышают точность определения горизонтальных приращений координат. Как видно из табл. 2, в нашем случае эта закономерность прослеживается.

Дисперсия абсциссы во всех случаях больше других дисперсий. Это можно объяснить конфигурацией созвездия спутников GPS, которая была оптимизирована для региона США (рис. 2а) так, чтобы условие видимости четырех или более спутников могло быть соблюдено там для большей части светового дня. Данная конфигурация не оптимальна в других частях мира (рис. 2б).

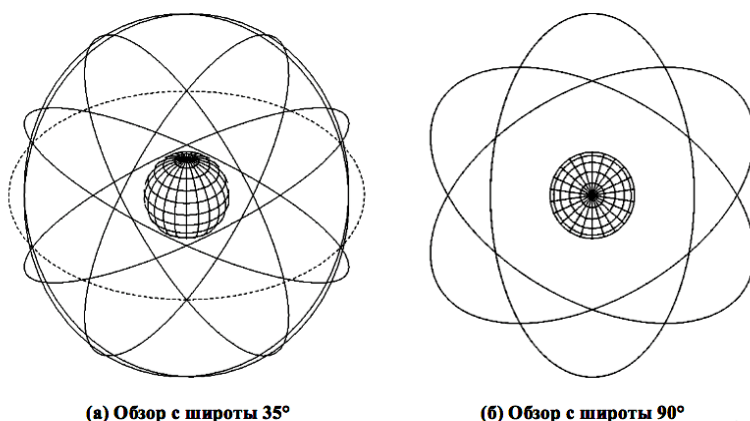


Рис. 2. Орбиты GPS

ANALYSIS THE SATELLITE OBSERVATIONS UNEQUAL

Dokukin P.A., Bayramov A.N., Feklistov D.Yu.

Summary

For the analysis of unequal measurement was carried out statistical testing the hypothesis that the variances of the measured values of the lengths of the lines and azimuth component three-dimensional vectors.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ

Докукин П.А., Феклистов Д.Ю., Мельников А.Ю.

Российский университет дружбы народов, Россия

Аннотация

Выполнена оценка точности спутниковых наблюдений геодезической сети. Средние квадратические погрешности свидетельствуют о том, что измерения выполнены с приемлемым для государственной геодезической сети качеством.

Математическая обработка результатов и оценка их точности спутниковых наблюдений на пунктах ВГС (А, В и С) производилась в программном продукте GPSurvey.

Для равночисленных групп по правноточноизмеренных k величин квадрат их СКП равен:

$$M^2 = \frac{[v^2]}{n-k} = \frac{[v^2]_1}{n-k} + \dots + \frac{[v^2]_k}{n-k} = \frac{[v^2]_1}{k(n-1)} + \dots + \frac{[v^2]_k}{k(n-1)}; \quad (1)$$

Отсюда можно написать:

$$M^2 = \frac{m_1^2 + \dots + m_k^2}{k}. \quad (2)$$

Тогда обобщенная СКП будет:

$$M = \sqrt{\frac{[m_i^2]}{k}}. \quad (3)$$

Таким образом, для незначительно отклоняющихся чисел измерений в группах можно применить:

$$M \approx \sqrt{\frac{[m_i^2]}{k}}. \quad (4)$$

Такую оценку приходится применять в случае, когда нам даны СКП, но неизвестны остальные параметры: величины поправок и их число.

В табл. 1. даны результаты предварительной оценки точности, выполненной программой GPSurvey.

Предполагая, что в диапазоне 100-1000 метров измерения равноточны и количество повторных измерений различается незначительно, то для вычисления обобщенной оценки (СКП) можно использовать формулу (4).

Сравнительный анализ разных оценок точности (Kaftan V.I., Tatevian R.A., 2000) показал, что формальные оценки, получаемые из обработки с использованием стандартного программного обеспечения могут отличаться от реальных в среднем в 7-12 раз, что подтверждают данные табл. 1.