УДК.528.2

В.Ф.Алексеев, Н.Д.Марковкин, А.И.Яковлев
Санкт-Петербургский филиал Военно-инженерного ун-та, Россия

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ АЗИМУТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ КОСМИЧЕСКИХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Предлагается методика определения геодезического азимута для средних и больших расстояний с применением спутниковых навигационных систем и проводится анализ эффективности этой методики в сравнении с традиционными способами.

The technique of definition of geodesic azimuth for mean and large distances with application of satellite navigational systems is offered and the analysis of efficiency of this technique in comparison with conventional ways is carried out.

Приращения координат, полученные с высокой точностью, с помощью аппаратуры пользователей космических систем (АП КНС) относительным методом может быть использована для непосредственного определения геодезических азимутов ориентирных направлений в топоцентрической горизонтной системе координат.

Погрешности определения разностей экваториальных координат ΔX, ΔY, ΔZ между точками 1 и 2 (рис.1) зависят от продолжительности наблюдения спутников, геометрического фактора и уровня разрешения фазовой неоднозначности, характеризуемого процентом решения. Чем ближе процент решения к 100, тем выше уровень фазовой неоднозначности.

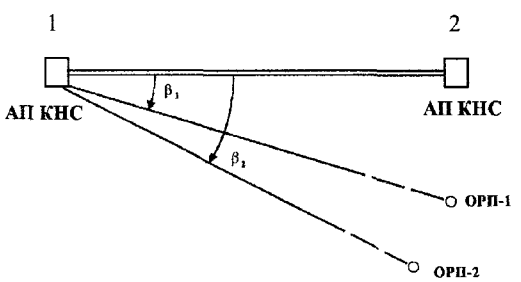


Рис.1. Схема определения геодезических азимутов

Геодезический азимут точки 2 относительно точки 1 (рис.1) в системе координат, в которой функционирует АП КНС,

$$A_г = \operatorname{arctg}\frac{Y'}{X'}, \qquad (1)$$

где Y', X' – топоцентрические горизонтные координаты точки 2 относительно точки 1.

Выразим

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = A^{T}\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}, \qquad (2)$$

где

$$A^{T} = \begin{bmatrix} -\sin B\cos L & -\sin L & \cos B\cos L \\ -\sin B\sin L & \cos L & \cos B\sin L \\ \cos B & 0 & \sin B \end{bmatrix}.$$

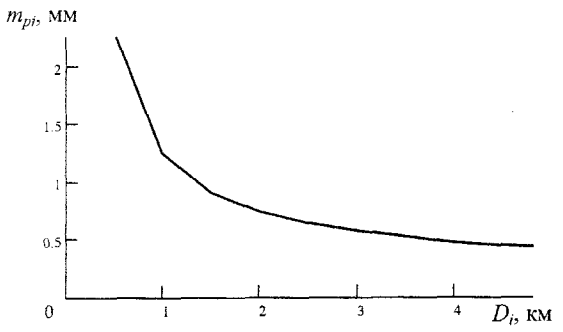


Рис.2. Ожидаемые СКО определения геодезических азимутов

Пренебрегая методическими погрешностями перевычисления координат, среднюю квадратичную ошибку (СКО) определения геодезического азимута получим на основании формулы (1):

$$m_{Aг} = \rho'' m_p / D, \qquad (3)$$

где m_p – СКО измерения приращений координат между точками; D – расстояние между точками установки антенн АП КНС, приведенное на плоскость горизонта, $D = \sqrt{(X'^2 + Y'^2)}$.

Ожидаемые СКО определения геодезических азимутов ориентирных направлений АП КНС в зависимости от точности определения приращений координат (m_p = 5 мм + 1 мм/км) представлены на рис.2.

Определение геодезических азимутов с использованием АП КНС возможно на достаточно открытой местности при обеспечении взаимной видимости между точками установки антенн.

Руководствуясь вышеизложенным, можно предложить следующую методику:

• закрепление ориентирного направления АП КНС центрами (см. рис.1), разнесенными на расстояние, обеспечивающее требуемую точность получения геодезического азимута;

• установка над центрами антенн АП КНС и выполнение в течение 0,5-6 ч, набора измерительной информации, необходимого для обеспечения требуемой точности определения приращений координат ΔX, ΔY, ΔZ между центрами;

• преобразование приращений координат ΔX, ΔY, ΔZ в топоцентрические горизонтные координаты точки 2 относительно точки 1 по формуле (2);

• вычисление геодезического азимута из решения обратной геодезической задачи по формуле (1);

• установка над центрами соответственно теодолита, марки и передача геодезического азимута на требуемые направления (измерение горизонтальных углов).

Методика определения азимутов апробирована путем определения азимута эталонного направления длиной 506 м на полигоне филиала Университета. Наблюдения выполнялись комплектом из двух одночастотных приемников «GG-24».

Продолжительность синхронных наблюдений составила 45 мин, решение выполнено не менее чем на 95 %, геометрический фактор не превышал 6 единиц. Расхождение полученного азимута направления с его значением, известным из высокоточных астрономических определений, составило около 2".

Для оценки эффективности определения азимутов с использованием АП КНС произведен технико-экономический анализ в сравнении с астрономическим и гироскопическим способами (см. таблицу).

Результаты технико-экономического анализа

Параметр	Метод		
	гироскопический (ГТ-3, ГИ-Б3, ГИ-Б2)	астрономический (АУ2/10, АУ-0,1)	АП КНС
Точность	2, 3, 5, 10, 15, 30, 60″	0,5, 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60″	0,5 – 60″
Эффективность	Круглосуточно. Зависимость от погоды	Наблюдения производятся в определенное время суток. Зависимость от погоды	Круглосуточно. Всепогодный
Время работы в зависимости от точности, техникодень	2″ – 3-5 3″ – 0,1-0,8 5″ – 0,3-0,8 10″ – 0,2-0,5 15″ – 0,2	0,5″ – 30 1″ – 10 3″ – 2 5″ – 0,8 10″ – 0,5 15″ – 0,3	0,5″ – 0,8 2″ – 0,05

На основании теоретических и экспериментальных данных можно сделать вывод, что рассматриваемый способ является наиболее перспективным для оперативного определения геодезических азимутов на средних и больших расстояниях, так как обеспечивает необходимую точность при наименьшей затрате времени.