

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Розглядається використання геодезичних супутникових приладів визначення місцезнаходження для вишукування лінійних споруд, зокрема, залізниць. Розрахунки підтверджують відповідність точності дискретних супутникових спостережень нормативним вимогам. Стаття має оглядовий характер.

Рассматривается использование геодезических спутниковых приборов определения местоположения для изысканий линейных сооружений, в частности, железных дорог. Приведенные расчеты подтверждают соответствие точности дискретных спутниковых наблюдений нормативным требованиям. Статья имеет обзорный характер.

The usage of geodesic satellite apparatus of finding the position for research of railroad is considered in the article. The calculations confirm the accordance to accuracy discrete satellite research to the normative demands. The article has the reviewing character.

Появление искусственных спутников Земли (ИСЗ) привело к развитию и активному использованию геодезических космических технологий во всех разделах геодезии, в том числе и инженерной геодезии.

Определения местоположения на Земле ведутся различными способами: геометрическим, динамическим, орбитальным и др., среди них в настоящее время предпочтение отдается методам с использованием доплеровского эффекта электромагнитных волн. Изменение частоты радиосигнала при движении источника является функцией расстояния от передатчика до приемника:

$$\Delta f = f_{\text{д}} - f_0 = \frac{f_0 \dot{r}}{c} \quad \dot{r} = \lambda_0 \cdot \Delta f,$$

где $f_{\text{д}}$ – частота сигнала, пришедшего на приемник;

f_0 – опорная частота передатчика;

r – расстояние, \dot{r} – радиальная скорость;

c – скорость излучаемых сигналов;

λ – длина волны сигнала.

Измеренные разности частот, радиальные скорости позволяют при числе наблюдений более четырех (минимум для коллонаций) определять координаты наземного пункта.

Рассмотренный принцип определения местоположения применен в спутниковых геодезических системах ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система) – России и GPS (глобальная позиционная система) – США. Эти системы состоят из ~ 30 ИСЗ, расположенных на полярных орбитах, опорных наземных станций и аппаратуры оперативного определения наземных координат: приемник на штативе, блок питания, контроллер, персональный

компьютер с программным обеспечением для расшифровки принятых сигналов.

Например, приемник «Землемер – А» имеет 12 каналов для приема фазовых изменений сигналов. Относительные определения координат (в окружности радиусом ~ 15 км от референтной станции) статическим и кинематическим методами проводятся с точностью 1 см + 1 мм Дкм. Время определения координат < 1 мин.

Эти системы широко используются в высшей и космической геодезии (составлена система геодезических параметров Земли 1990: ПЗ–90, в аэро съемке и в инженерной геодезии (при проектировании и строительстве железных и автодорог, тоннелей, каналов).

При изысканиях линейных сооружений привязка к геодезической опорной сети должна производиться не реже, чем через 30 км (СНИП 1.02.07–87). Для системы GPS это расстояние равно удвоенному радиусу действия приемников в зоне референтной станции, внутри которой точность координирования по трем прямоугольным осям ограничивается конструктивными особенностями приемников и методов измерений. Например, аппаратура фирмы Leica [1] обеспечивает определение приращений координат с точностью $m_{\Delta x, \Delta y} = 5 \text{ мм} + 1 \text{ мм Дкм}$, а высот – с точностью $m_h = 7 \div 10 \text{ мм}$. Спутниковые системы определения местоположения всепогодны, автономны, высокопроизводительны и точны, поэтому они позволяют создавать сеть любой плотности и точности вплоть до съемочного обоснования топо съемок масштаба 1:500 и основы для инженерно-геодезических разбивок. Как известно [2], пункты обоснования определяют для линейных сооружений теодолитными ходами с предель-

ной относительной ошибкой 1:2000. Замена теодолитных ходов дискретными спутниковыми наблюдениями возможна при соблюдении указанного требования.

Чтобы пункты GPS были безошибочны, их ошибки не должны превышать 20 % допустимых невязок теодолитных ходов:

$$f_{\beta} = 1'\sqrt{n}; f_{\hat{\alpha}_i} = 1/2000; f_h = 50\sqrt{L}$$

где n – число углов хода; L – длина хода.

Тогда можно найти минимальные интервалы L размещения пунктов GPS, исходя из предельных величин элементов теодолитного хода и приняв точности определения GPS – пунктов в плане $m_p = 5$ мм, по высоте $m_h = 10$ мм.

Так, для угловой невязки:

$$\frac{m_p}{L_{\beta}} = \frac{20\%f_{\beta}}{\rho},$$

откуда, км,

$$L_{\beta} = \frac{5m_p \cdot \rho'}{1'\sqrt{n}} = 0,09.$$

Для относительной невязки, км,

$$\frac{m_p}{L_{\text{отн}}} = 20\%f_{\text{отн}}; L_{\text{отн}} = \frac{5m_p}{f_{\text{отн}}} = 0,05.$$

Для высотной невязки, км,

$$L_h = \frac{5m_h}{50} = 1,0.$$

По инструкции [3] предельная длина теодолитного хода равна 1,2 км, поэтому пункты GPS, расположенные друг от друга на расстоянии $L \approx 1,0$ км, полностью обеспечивают топо съемки масштаба 1:500 и разбивочные работы с превышением точности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коугия В. А. и др. Геодезическая сеть для высокоскоростной железнодорожной магистрали // Геодезия и картография, № 1, 1997.
2. Визиров Ю. В. GPS приемники в опорной геодезической сети железнодорожного строительства // Геодезия и картография, № 8, 1997.
3. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000÷1:500. – М.: Недра, 1985.