

РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНЫЙ МЕТОД ОТНОСИТЕЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ В ЦИФРОВЫХ ПРИЕМОИНДИКАТОРАХ СПУТНИКОВЫХ РНС

Голованов Э.Б.

Московский государственный технический университет гражданской авиации

Наряду с известными методами относительных навигационных определений в цифровых приемоиндикаторах спутниковых РНС ГЛОНАСС GPS может быть использован разностно-дальномерный метод таких определений. Его преимуществом является повышенная точность определения координат за счет устранения влияния системных погрешностей.

Для кодового варианта измерений алгоритм, реализующий указанный метод, записывается

$$D_{BC_i} + \Delta R_i = [(\Delta X_i - \Delta x)^2 + (\Delta Y_i - \Delta y)^2 + (\Delta Z_i - \Delta z)^2]^{1/2} + c \Delta t_0, \quad i = 1, \dots, 4, \quad (1)$$

где $\{\Delta X_i, \Delta Y_i, \Delta Z_i\}$ - координаты i -го космического аппарата (КА_{*i*}) относительно подвижного объекта (ПО); $\{\Delta x, \Delta y, \Delta z\}$ - искомые координаты ПО относительно точки координации (ТК); D_{BC_i} - наклонная дальность от ВС до КА_{*i*}, являющаяся модулем вектора $\{\Delta X_i, \Delta Y_i, \Delta Z_i\}$; ΔR_i - измеренная разность наклонных дальностей от КА_{*i*} до ТК и ПО; Δt_0 - смещение шкалы времени ПО относительно шкалы времени КА; c - скорость распространения радиоволн.

Основная идея разностно-дальномерных относительных навигационных определений заключается в одномоментности измерений дальностей на ПО и в ТК до одних и тех же КА. При этом вектор погрешностей относительных координат ПО полностью определяется вектором $\delta \vec{R}_\Delta$ погрешностей ΔR_i и не зависит от расчетных координат $\{\Delta X_i, \Delta Y_i, \Delta Z_i\}$ КА_{*i*} и ухода его шкалы времени. Поэтому все системные погрешности космического сектора СРНС в идеале, при полной реализации одномоментности измерений, полностью исключаются. Погрешность определения промежуточных координат КА_{*i*} относительно ПО также не входит в погрешность местоопределения ПО.

Временная декорреляция погрешностей, обусловленных ионосферной и тропосферной задержками сигнала, при одномоментных измерениях дальностей до КА_{*i*} в ТК и на ПО весьма мала, а при использовании ретранслятора радионавигационного поля СРНС, размещаемого в ТК, практически отсутствует.

Пространственная декорреляция тропосферной составляющей погрешностей также практически отсутствует, поскольку при малых углах места КА_{*i*} $\gamma \leq 5^\circ$, при которых влияние тропосферы максимально, для удалений ПО от ТК $\Delta D \leq 500$ км, различие углов визирования КА_{*i*} из ТК и с ПО не превышает $0,12^\circ$.

Для ионосферной составляющей погрешностей декорреляция более заметна, поскольку при больших углах места КА_{*i*} $\gamma \cong 90^\circ$, когда влияние ионосферы максимально, для $\Delta D \leq 500$ км различие углов визирования достигает $1,3^\circ$. Однако, эта составляющая может быть измерена и скомпенсирована при использовании двухчастотного метода измерений.

Разностно-дальномерный метод навигационных определений в варианте измерения по фазе несущей и производстве фазовых измерений на ПО при относительно небольших удалениях ПО от ТК, когда доплеровские смещения частот сигналов КА_{*i*}, принятых в ТК и на ПО, можно полагать примерно равными, описывается системой уравнений, аналогичной (1)

$$D_{BC_i} + (c / 2\pi f_{по_i}) (\varphi_{ТК_i} - \varphi_{по_i}) = [(\Delta X_i - \Delta x)^2 + (\Delta Y_i - \Delta y)^2 + (\Delta Z_i - \Delta z)^2]^{1/2} + c \Delta t_0, \quad (2)$$
$$i = 1, \dots, 4,$$

где $\varphi_{ТК_i}$ - фаза сигнала КА_{*i*}, измеренного в ТК, $\varphi_{по_i}$ и $f_{по_i}$ - частота и фаза сигнала КА_{*i*}, измеренного на ПО.

Разностно-дальномерный метод существенно упрощает процесс фазовых измерений за счет проведения их дифференциальным способом для каждого КА в один момент времени, что облегчает процедуру разрешения многозначности. При измерениях навигационных параметров (НП) в ТК и на ПО, передаче их на ПО по цифровому каналу связи и вычислении на ПО искомых относительных координат для совмещения моментов измерений в ТК и на ПО можно воспользоваться свойством СРНС быть источником высокоточного времени и применить следующий линейный алгоритм коррекции результатов измерений

$$НП_{ТК}(t_i) = НП_{ТК}(t_i + \Delta) - НП_{ТК} \Delta, \quad (3)$$

где t_i - момент измерения НП по шкале времени ПО, $t_i + \Delta$ - то же по шкале времени ТК,

$НП_{ТК}$ - усредненная скорость изменения НП.

RANGE DIFFERENCE METHOD OF RELATIVE COORDINATES POSITIONING IN DIGITAL GPS/GLONASS RECEIVERS

Golovanov E.

This report investigates the range difference method of relative coordinates mode. The proposed method provides high accuracy by means of eliminating the system errors common to the user and the Reference Station.

In this concept, the receivers installed on a mobile object (MO) (aircraft or ground vehicle) and the Reference Station or Point of Coordination (RS) synchronously measure times of arrival of the signals from the common to the both objects (MO and RS) constellation of GPS/GLONASS satellites S_i and compute the pseudoranges to them. The MO relative coordinates vector error is completely defined by range differences from the satellites to the MO and the Reference Station and is insensitive to the satellite S_i position and its onboard clock errors. Therefore the errors related to the space segment of the system practically are completely eliminated.

Synchronized measurements of the pseudoranges to the satellites conducted on the MO and Reference Station significantly reduce time decorrelation of the errors caused by ionospheric and tropospheric propagation delays. These errors can be reduced further if a retransmitter is installed at the Point of Coordination.

Spatial decorrelation of the troposphere error is also insignificant due to small differences of the viewing angles (less 0.12°) of the satellites observed from the MO and Reference Station at low elevation angles when the troposphere effect reaches its maximum. For the ionosphere error, however, spatial decorrelation is somewhat higher since the viewing angles difference reaches 1.3° at high elevation angles ($\sim 90^\circ$) when the ionosphere impact is maximum.