

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИОННО-ВРЕМЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

к.т.н. И.А. Кашаев

(представил д.т.н., проф. В.Н. Чинков)

Рассматриваются модели измерений, их обработки на контрольной станции децентрализованной системы навигационно-временного обеспечения и оценки ее точности при заданной пространственной структуре.

Систему навигационного обеспечения (НО) Вооруженных Сил Украины целесообразно рассматривать как развивающуюся, поэтапно наращиваемую систему, принимающую законченный облик на конечном этапе развития. В связи с этим целесообразно создавать локальные сети дифференциальной подсистемы (ДПС), которые включают от одной – двух до трех – пяти совместно работающих контрольно-корректирующих станций (ККС) [1]. Локальные сети могут обслуживать отдельные районы в интересах одного ведомства или группы ведомств. В процессе развития системы локальные сети поэтапно объединяются в единую систему. Основным элементом локальной сети – контрольно-корректирующая станция, обслуживающая парк аппаратуры потребителей в своей рабочей зоне.

Система должна строиться на первом этапе по децентрализованному принципу – корректирующие станции работают самостоятельно, без управления из какого-либо центра. На втором этапе возможно расширение рабочих зон за счет совместной работы в реальном времени группы корректирующих станций, одна из которых выполняет функции ведущей. Третий этап – создание централизованной системы.

Перспективным подходом при синтезе оптимальной структуры децентрализованной системы является применение генетических алгоритмов (ГА), для эффективного использования которых необходимо на основе разработанной модели системы определить целевую функцию [2]. Так как навигационные расчеты должны проводиться параллельно с контролем целостности навигационного поля, модель функционирования ДПС целесообразно разделить на модель измерений и модель контроля целостности навигационного поля.

Причины возникновения погрешностей измерений и нарушения целостности навигационного поля приведены на рис. 1. Основными составляющими погрешностей временных и фазовых измерений являются, как известно [1], уход шкалы времени НКА, погрешности эфемеридного обеспечения, ионосферные погрешности, тропосферные погрешности, погрешности из-за многолучевости и шум измерений приемника.

При условии применения на контрольной станции двухчастотного при-

емника модель наблюдений можно представить в виде системы уравнений:

$$\begin{aligned} \rho_{m,L_1}^j &= D_m^j + I_m^j + T_m^j + b_m - B^j + \vartheta_{m,L_1}^j; \\ \rho_{m,L_2}^j &= D_m^j + \gamma I_m^j + T_m^j + b_m - B^j + \vartheta_{m,L_2}^j; \\ \Phi_{m,L_1}^j &= D_m^j + I_m^j + T_m^j + b_m - B^j + N_1 \lambda_1 + e_{m,L_1}^j; \\ \Phi_{m,L_2}^j &= D_m^j + \gamma I_m^j + T_m^j + b_m - B^j + N_2 \lambda_2 + e_{m,L_2}^j, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\gamma = L_1^2/L_2^2$; $\rho_{m,L_1}^j, \rho_{m,L_2}^j$ – измеренные псевдодальности на частотах L_1 и L_2 соответственно; $\Phi_{m,L_1}^j, \Phi_{m,L_2}^j$ – фазовые измерения псевдодальности на частотах L_1 и L_2 соответственно; D_m^j – геометрическая дальность от j -го навигационного космического аппарата (НКА) до m -й КС; I_m^j – задержка сигнала в ионосфере; T_m^j – задержка сигнала в тропосфере; b_m – уход шкалы времени КС от системной шкалы; B^j – уход шкалы времени j -го НКА от системной шкалы; N_1, N_2 – число целых фазовых циклов на частотах L_1 и L_2 соответственно; $\vartheta_{m,L_1}^j, \vartheta_{m,L_2}^j, e_{m,L_1}^j, e_{m,L_2}^j$ – шумы кодовых и фазовых измерений соответственно.

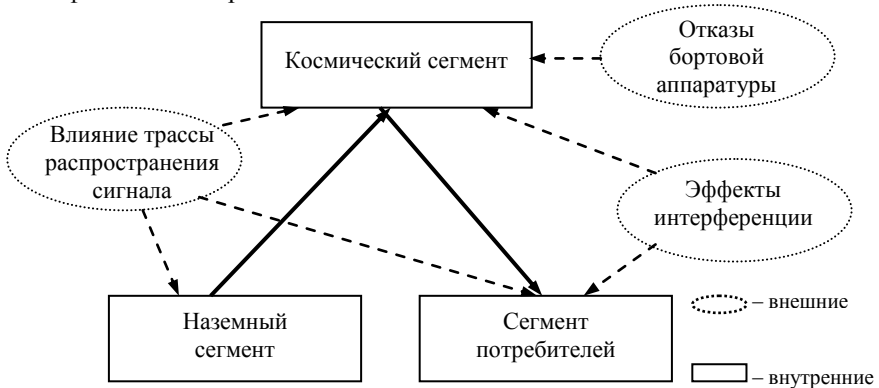


Рис. 1. Причины возникновения погрешностей измерений и нарушения целостности навигационного поля ДПС НВО

Обработка измерений на контрольной станции проводится с целью исключения или уменьшения суммарной погрешности измерения псевдодальности, обусловленной указанными причинами.

Модель обработки измерений на КС ДПС НВО представлена на рис. 2.

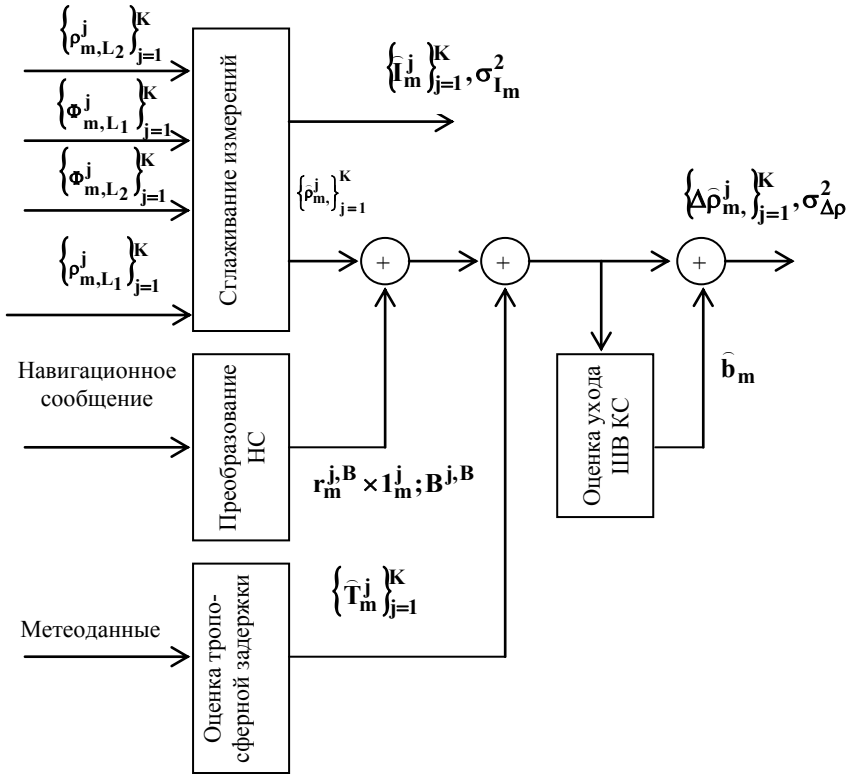


Рис. 2. Модель обработки измерений КС

Зная сглаженную оценку псевдодальности

$$\rho_m^j = \left(r_m^j + b_m - B^j \right) + \Delta I_m^j + T_m^j + v_m^j, \quad (2)$$

с учетом известной геометрической дальности и ухода шкалы времени НКА определяется поправка на псевдодальность

$$\begin{aligned} \Delta \rho_m^j &= \left| r_m^j \right| - \left| r_m^{j,B} \right| + b_m - \left(B^j - B^{j,B} \right) + T_m^j + v_m^j = \\ &= \Delta r^j \times \mathbf{1}_m^j + b_m - \Delta B^j + T_m^j + v_m^j, \end{aligned} \quad (3)$$

где Δr^j и ΔB^j разности между истинным и переданным в навигационном сообщении (НС) положением НКА и положением бортовой шкалы времени НКА соответственно; $\mathbf{1}_m^j$ – единичный вектор направления от m -й КС на j -й НКА.

Для прогноза точностных характеристик ДПС НВО на этапе ее построения необходимо разработать модель оценки точностных характеристик, обеспечиваемых в рабочей зоне системы [2].

Эфемеридные и временные погрешности измерения псевдодальности можно считать «внутренними», не зависящими от остальных. Входными данными модели следует выбрать спутниковую геометрию в зоне видимости каждой КС и потребителя, модели погрешности измерений КС и потребителя за счет шума приемника, многолучевости, тропосферы и ухода шкалы времени относительно системной.

Оценка погрешности позиционирования в рабочей зоне ДПС НВО может быть найдена взвешенным МНК

$$\Delta \hat{x}_{\Pi} = \left(G_{\Pi}^T W^{-1} G_{\Pi} \right)^{-1} G_{\Pi}^T W^{-1} \Delta p, \quad (4)$$

где G_{Π} – матрица направляющих косинусов потребителя на НКА;

$\Delta p = G_{\Pi} \begin{bmatrix} \Delta r_{\Pi} \\ \Delta b_{\Pi} \end{bmatrix} - \tilde{G}_{\Pi} \Delta r + v_{\Pi}$ – эфемеридно-временная погрешность определения псевдодальности потребителем; W – матрица весов; \tilde{G}_{Π} – блочная матрица $K \times 4K$ направляющих косинусов на наблюдаемые потребителем K НКА; v_{Π} – шум измерений.

Подобный подход при учете вклада составляющих погрешности за счет ионосферной задержки позволяет получить ковариационную матрицу погрешности позиционирования потребителя в рабочей зоне ДПС НВО при ее заданной пространственной структуре.

В тех случаях, когда некоторые определяемые параметры изменяются в течение интервала наблюдений (флуктуации шкал времени и тропосферной задержки), возможно применение метода среднеквадратической коллокации поскольку он позволяет использовать более гибкую параметрическую модель данных наблюдений, чем МНК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 267 с.
2. Кашаев И.А., Подорожник А.А. Оптимизация структуры дифференциальной подсистемы навигационно-временного обеспечения с помощью генетических алгоритмов // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вып. 2(18). – С. 248 – 251.

Поступила 12.08.2002

КАШАЕВ Игорь Александрович, канд. техн. наук, доцент, докторант ХВУ. В 1978 году окончил ХВВКИУ. Область научных интересов – навигационно-временные системы.