

*Д. В. Комраков\**

## **КОНТРОЛЬ ЦЕЛОСТНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ**

В настоящее время широкое распространение получили навигационные комплексы, определяющие текущее местоположение по сигналам глобальных спутниковых навигационных систем (СНС), таких как GPS и ГЛОНАСС. Особое место занимают системы позиционирования мобильных абонентов сотовых сетей в условиях города. Основой большинства навигационных систем для мобильных пользователей является глобальная спутниковая навигация. Причиной этого служит высокая точность позиционирования в условиях открытого пространства, которую обеспечивают даже сравнительно недорогие приемники навигационных сигналов, интегрированные в современные смартфоны. Тем не менее, условия плотной городской застройки накладывают существенные ограничения на точность определения местоположения спутниковыми навигационными системами GPS и ГЛОНАСС. Причиной этого является многолучевость распространения сигнала, его затенение и переотражение от различных зданий и сооружений.

Для городской местности характерна ситуация, когда большинство измерений искажены многолучевым распространением сигнала. При этом для вычисления координат объекта не хватает навигационной информации для обнаружения искаженных измерений. В этом случае для обеспечения контроля целостности требуется введение в навигационный комплекс дополнительной избыточности (использование информации от других навигационных систем, систем дальней навигации, наземных сетевых систем и др.).

Информационная недостаточность в навигационном комплексе, решается с применением одного из двух возможных алгоритмов. Первый из них называется RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring), а второй AAIM (Airborne Autonomous Integrity Monitoring) алгоритмами автономного контроля целостности. Далее под контролем целостности навигационной информации глобальных навигационных спутниковых систем будем понимать комплекс мероприятий по определению соответствия заданным характеристикам способности навигационных систем обеспечивать потребителей сигналами тревоги о недостоверности навигационных сигналов.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» А. В. Иванова.

На сегодняшний день в литературе описано множество различных схем его построения, основанных на одном и том же принципе, заключающемся в непрерывной вероятностной проверке, основанной на измерительной избыточности. RAIM-алгоритм решает две задачи: обнаружение отказа FD (Failure Detection) и исключение из навигационного решения аномального измерения FI (Failure Identification).

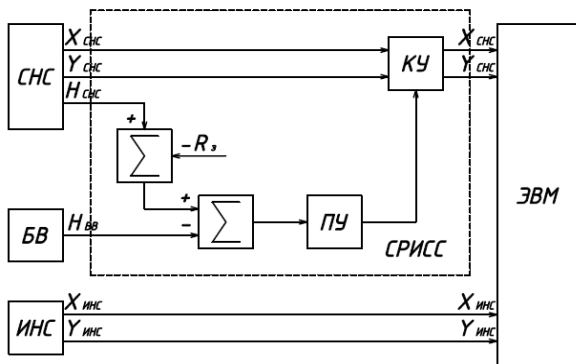
Основные функции RAIM заключаются в следующем:

- своевременно обнаружить неустойчиво работающий спутник и исключить его из обработки для навигационных определений;
- рассчитать текущую ошибку определения координат и, сравнивая расчетное значение с максимально допустимой на данном этапе, предупредить о выходе расчетной ошибки за предельные значения;
- определить геометрию спутников в заданной точке, в заданное время и предупреждать, что требуемая точность и надежность навигации по СНС в этой точке не будут обеспечены, выдавать сообщение об отказе СНС в целом и невозможности ее использования для навигации.

Обеспечение этой функции достигается обработкой сигналов, как минимум, одного дополнительного спутника. Суть заключается в том, что в целях RAIM производятся несколько независимых определений, результаты которых сравниваются между собой. По результатам этих расчетов определяется четыре устойчиво работающих спутника и по этим «отфильтрованным» спутникам производится определение навигационных параметров. При этом «фильтрующие» расчеты при работе RAIM не используются для навигационных расчетов. Но если функция RAIM отфильтровала один из пяти видимых спутников, то RAIM перестает работать. При пропадании контроля целостности должны быть предусмотрены специальные навигационные процедуры, которые способны определять текущее местоположение без использования сигналов от спутников.

Если бортовым оборудованием СНС принимается информация шести и более спутников, то процедура RAIM после исключения из обработки одного спутника и подключения другого продолжает работать и контролировать надежность навигационных определений.

Другим способом контроля целостности информации, получаемой от СНС, является сравнение этой информации с навигационной информацией, получаемой от других навигационных систем. Называется этот алгоритм AAIM. Этот способ имеет только одно преимущество по сравнению с RAIM – нет необходимости обрабатывать сигналы от одного дополнительного спутника, что позволяет продолжать навигационные определения с гарантией их достоверности при видимости только четырех спутников.



**Рис. 1. Структурная схема обработки информации в навигационных комплексах подвижных объектов с контролем целостности навигационной информации с помощью барометрического высотомера**

Так, в статье [1] для осуществления контроля целостности используется барометрический высотомер. Структурная схема устройства обработки информации в навигационных системах подвижных объектов, синтезированная в соответствии с алгоритмом, представленным в статье, изображена на рис. 1.

В состав схемы входят: электронная вычислительная машина (ЭВМ), спутниковая навигационная система (СНС), инерциальная навигационная система (ИНС), барометрический высотомер (БВ), пороговое устройство (ПУ), ключевое устройство (КУ) и сумматоры. Отличительной особенностью предложенной схемы обработки информации является использование выходных сигналов барометрического высотомера для осуществления контроля целостности навигационного обеспечения. С этой целью в составе предложенной системы обработки информации используется схема разрешения использования сигналов спутников (СРИСС). Схема включает в свой состав пороговое устройство (ПУ), ключевое устройство (КУ) и два сумматора. Для использования сигнала от спутниковой навигационной системы  $H_{СНС}$  совместно с сигналом барометрического высотомера  $H_{БВ}$  необходимо из сигнала  $H_{СНС}$  вычесть радиус земли  $R_з$ . ПУ имеет порог, соответствующий максимально допустимому значению постоянной составляющей ошибки относительной высоты  $\Delta H_{\max}$ . На вход ПУ поступает оценка постоянной составляющей ошибки относительной высоты  $\Delta H^*$ . КУ разрешает прохождение выходных сигналов аппаратуры приема сигналов СНС и для определения горизонтальных координат местоположения подвижного объекта, если выполняется условие  $\Delta H^* \leq \Delta H_{\max}$ .

Следует отметить, что в настоящее время активное развитие получают системы позиционирования с использованием сигналов от базовых станций UMTS и GSM[2], а также от существующих точек доступа Wi-Fi. При использовании навигационной информации от этих систем контроль целостности позволит повысить устойчивость решения, а объединение нескольких навигационных систем уменьшает вероятность отказа в выдаче навигационного решения и повышает точность позиционирования. При этом расширяются возможности навигационно-информационных систем по позиционированию пользователей, находящихся внутри помещений, а также в местах, где невозможен прием сигналов от глобальных спутниковых навигационных систем.

### **Список литературы**

1. *Иванов, А. В.* Комплексные оптимальные алгоритмы обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов с контролем целостности навигационного обеспечения / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 15 – 20.
2. *Иванов, А. В.* Определение координат местоположения объекта в сетях GSM и UMTS на основе использования информации о направлении приема сигналов от базовых станций / А. В. Иванов, Д. В. Комраков // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 70 – 75.