

Комбинированная телевизионная система наблюдения и ориентации

The integrated servelance and orientation space television system

Ключевые слова: датчик горизонта – horizon sensor; точность – accuracy.

Рассмотрен метод повышения точности привязки изображения подстилающей поверхности Земли к текущему значению координат подспутниковой точки.

Предложена телевизионная система с функцией датчика горизонта, реализующая данный метод.

Considered the method for increasing the accuracy of the binding image the Earth's surface to the current value of the coordinates of the subsatellite point. Proposed TV system with the function of the sensor horizon that implements this method.

При наблюдении динамичных объектов с помощью матричных телевизионных систем, устанавливаемых на борту космических аппаратов (КА), актуальна задача привязки координат обнаруживаемых объектов к координатам земной поверхности. При высокой точности измерения текущих собственных координат КА точность привязки координат наблюдаемых объектов определяется, в основном, остаточными погрешностями стабилизации КА. Они обусловлены динамикой управления полетом, а также точностью интегрированных бортовых навигационных систем, включающих звездные и солнечные датчики, построители местной вертикали (датчики горизонта) и т.д. [1]. Остаточные погрешности стабилизации КА приводят к смещению телевизионного раstra относительно надира, что является основной причиной погрешности привязки координат. Прямое использование информации от навигационных датчиков в телевизионной системе для устранения этого явления малоэффективно. Будучи интегрированными в систему стабилизации КА, эти датчики имеют период обновления информации, существенно превышающий время телевизионного кадра [2]. Кроме того, существует проблема сопряжения оптических осей телевизионной системы наблюдения Земли и навигационных датчиков [3].

ЦЫЦУЛИН / TSYTSULIN A.

Александр Константинович

(tsytsulin@niitv.ru)

доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора по научной работе ОАО «НИИТ», Санкт-Петербург

РЕСОВСКИЙ / RESOVSKY V.

Владимир Алексеевич

(ntk24@yandex.ru)

кандидат технических наук, доцент, заместитель главного инженера, начальник комплекса ОАО «НИИТ», Санкт-Петербург

КОЗЛОВ / Kozlov V.

Всеволод Витальевич

(v-vkozlov@yandex.ru)

заместитель начальника отделения ОАО «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С.П. Королева», Королев, Московская область

В условиях нестабильности ориентации КА осуществление точной привязки наблюдаемого района к подспутниковой точке возможно путем устранения инструментальных ошибок, вызываемых несогласованностью оптических осей, частоты и фазы опроса телевизионной аппаратуры и навигационного прибора. Для этого целесообразно объединение телевизионной системы и датчика горизонта в единую конструкцию с частично или полностью объединенными оптико-электронными каналами. Такая система по полям зрения (рис. 1) аналогична оптико-механическим построителям местной вертикали, используемым при спуске КА на участке программного полета до входа в атмосферу и имеющим центральную и периферийную оптические системы. В них «центральная оптическая система используется космонавтом для курсовой ориентации КА по "бегу" изображения земных предметов» [4].

Кроме таких построителей местной вертикали существует большое количество других оптических

КОСМОС

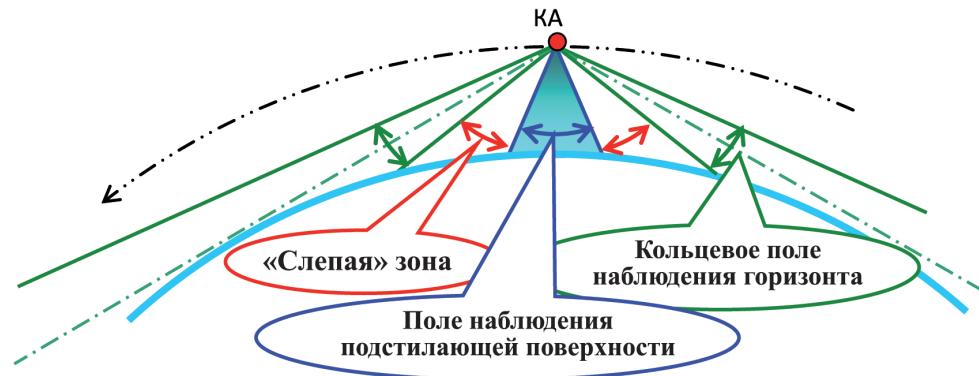


Рис. 1. Схема одновременного наблюдения подстилающей поверхности Земли и горизонта

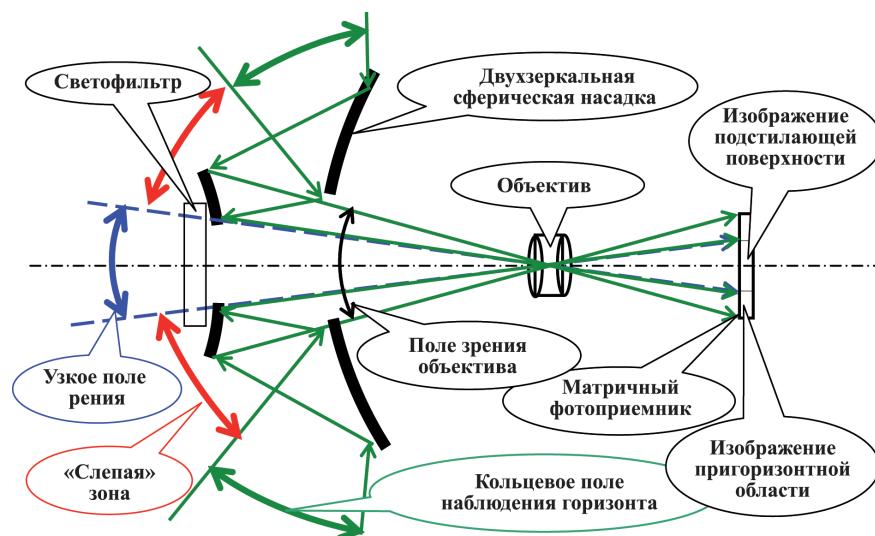


Рис. 2. Оптическая схема с коаксиально расположенными широкоугольной и узкоугольной оптическими системами и одним матричным фотоприемником

систем наблюдения с двумя полями зрения [2, 4], но все они позволяют наблюдать эти два поля либо последовательно во времени, либо на различных фото-приемниках. В обоих случаях это ведет к увеличению ошибок измерения разности координат объектов, один из которых может иметь собственную траекторию движения, а другой – подспутниковая точка – совершает случайные колебания.

Значительное снижение инструментальных угловых и временных ошибок рассогласования возможно путем построения коаксиальной оптической схемы (рис. 2). В ней используется целевой объектив для наблюдения Земли в надир, дополненный двумя встречно направленными сферическими выпуклыми зеркалами для наблюдения горизонта Земли. Такая комплексированная система наблюдения и датчика горизонта, рабо-

тоспособная как в видимой, так в ИК-областях спектра, имеет жестко совмещенные оптические оси и может передавать потребителю изображение подстилающей поверхности Земли с отмеченным на нем в каждом телевизионном кадре текущим положением подспутниковой точки. Благодаря использованию одного матричного фотоприемника высокой четкости полностью исключаются инструментальные ошибки измерения разности координат наблюдаемых наземных объектов и подспутниковой точки из-за различий в темпе накопления и выдачи информации в узком и широком полях зрения системы.

Регулировка расстояния между выпуклыми зеркалами и их расстояния до объектива позволяет регулировать направление и ширину поля зрения кольцевой зоны для использования на

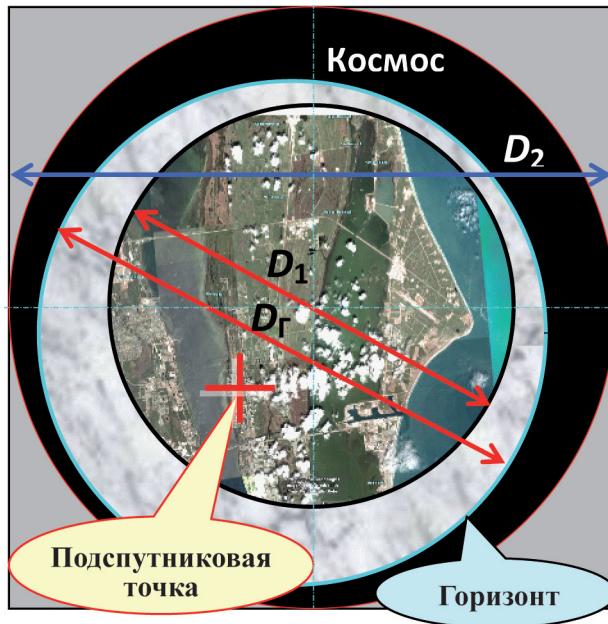


Рис. 3. Изображения узкоугольной и широкоугольной зон наблюдения на одной фотоприемной матрице, скомпонованные без зазора

орбитах КА с разными высотами. Целесообразность светофильтра на пути светового потока узкого поля зрения (см. рис. 2) обусловлена различием светосилы в центральном и кольцевом полях зрения. Для эффективного использования светочувствительной поверхности матрицы оптически исключена неиспользуемая при наблюдениях зона, расположенная вне поля зрения целевого объектива и доходящая до полезных углов датчика горизонта.

Система рассчитана так, что изображение кольцевой широкоугольной зоны в фокальной плоскости расположено вплотную к изображению целевого канала (рис. 3). Отношение полей оптической схемы рис. 2 выбрано из условия получения максимума суммы информации о координатах наблюдаемого объекта и координатах подспутниковой точки. Такой подход позволяет оптимально распределить площадь фотоприемной матрицы между узким целевым и широким пригоризонтным полями зрения (считается, что диаметр D_2 наружного края широкого поля зрения равняется размеру стороны матричного фотоприемника). При независимости ошибок измерения параметров объектов и линии горизонта от значения априорного интервала их изменения по формуле Вудворда для количества информации о координате сигнала можно найти оптимальные значения соотношения диаметров кольцевых зон на рис. 3. При измерении m параметров (например, координат и размеров объекта) оптимальным является

соотношение $D1 = D_2m/(m + 1)$. При оценивании координат и размеров объекта ($m = 2$) на изображении центрального поля зрения для принятого критерия $D_1 = \frac{2}{3}D_2$, а диаметр D_Γ изображения горизонта Земли должен равняться полу сумме указанных диаметров D_1 и D_2 , т.е. $D_\Gamma = 5/6D_2$. Практическая реализуемость схемы подтверждена испытаниями макетного образца системы, созданного по рис. 2 с использованием телекамер на черно-белых КМОП матрицах формата 3 и 6 мегапикселов.

Литература

1. Аванесов Г.А., Бессонов Р.В., Карелов А.И. Интеграция командных приборов как путь оптимизации системы управления космического аппарата // Космическое приборостроение. Координатно-временные системы с использованием космических технологий. – Сб. трудов семинара. – Таруса 7–9 июня 2006 г. – М., ИКИ РАН 2007. – С. 43–54.
2. Иванников Я.М. Оптические приборы наведения и ориентации космических аппаратов. – М.: «Машиностроение», 1979.
3. Железнов М.М., Зиман Я.Л., Форш А.А. Методика и алгоритм определения в полете взаимной выставки на КА аппаратуры ДЗЗ и звездных координаторов // НТК «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – Москва, 10–12 ноября 2003 г. – М., ИКИ, 2003. – С. 116.
4. Моделирование систем полуавтоматического управления космических кораблей / Под ред. А.И. Яковleva. – М.: «Машиностроение», 1986.