

Барышев Е.Ю., Богоявленский Н.Л., Семкин Н.Д.

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЫЛЕВОЙ КОМПОНЕНТЫ СОБСТВЕННОЙ ВНЕШНЕЙ АТМОСФЕРЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Проблема влияния пылевых частиц размером несколько микрометров на научную аппаратуру и элементы конструкции космических аппаратов (КА) является важной при проведении исследований дальнего космоса. Эти частицы создают реальную помеху при работе высокочувствительных оптических приборов, создавая световой поток, превышающий светимость звезд. В связи с этим необходимо проводить исследования параметров частиц собственной внешней атмосферы (СВА) КА с целью выяснения уровня помех, который они могут создать при проведении экспериментов, а также снижения запыленности наиболее важных электронных и оптических приборов.

Функционально оптико-электронная система для регистрации и измерения параметров пылевой компоненты СВА КА состоит из трехканального оптико-электронного датчика и микропроцессорного блока обработки данных. Оптико-электронный датчик содержит три матрицы приборов с зарядовой связью (ПЗС) с оптическими фокусирующими системами. Матрицы расположены на одной линии на некотором расстоянии друг от друга, которое определяет рабочую зону системы и точность измеряемых параметров. В состав системы входит также осветитель в виде импульсной лампы с отражателями.

Система работает следующим образом. Во время вспышки света с ПЗС - матриц считываются плоские изображения распределения частиц в исследуемом объеме (подкадры). Затем в блоке обработки из трех подкадров рассчитывается стереоизображение, т.е. во всех подкадрах находится элементы, принадлежащие к одной частице в пространстве на основе геометрических соображений (рис. 1).

Координата частицы на матрицах X относительно общего начала координат зависит от локальной координаты x в строке матрицы следующим образом:

$$X1 = -L + x_1 \cdot l_{mx}/N;$$

$$X2 = x_2 \cdot l_{mx}/N; X3 = L + x_3 \cdot l_{mx}/N;$$

где L – величина базы системы; l_{mc} – геометрический размер матрицы по оси X ; N – количество элементов разложения в строке матрицы;

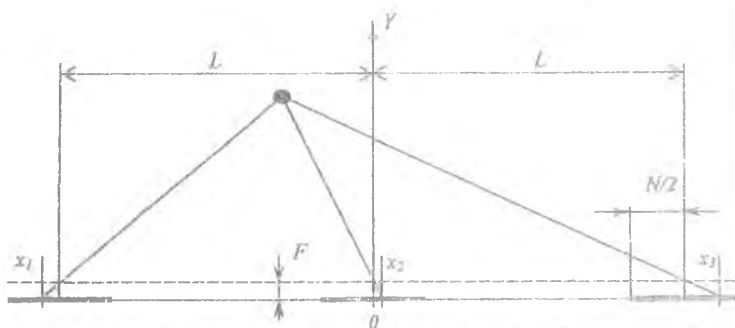


Рисунок 1 – Оптическая схема приемной части системы для одной строки

Все три локальные координаты должны удовлетворять условию пучка трех прямых:

$$|x_1 + 2x_2 + x_3| \leq \epsilon, \quad (1)$$

где ϵ – бесконечно малая величина, определяемая точностью вычисления в системе.

На практике операция совмещения подкадров выглядит следующим образом. Из первого массива данных (например, с левой камеры) берется первый значащий элемент (элемент, освещенность которого выше чем фоновая, определенная на основе среднего значения заряда в строке матрицы), из второго – также первый значащий элемент, а в третьем массиве ищется такой элемент, чтобы соблюдалось неравенство (1). Если такого не находится, то берется следующий значащий элемент второго массива и проводится новый поиск в третьем массиве. Процесс повторяется до нахождения троек чисел, определяющих пространственное положение зарегистрированных частиц, а остальные элементы массивов теряются. Из полученных троек составляется массив – стереоскопический кадр. Здесь необходимо учитывать, что зона обзора каждой матрицы больше, чем совместная зона. Поэтому вполне вероятно, что в подкадрах будут содержаться реальные значащие элементы, которые не попадают в зону обзора других матриц и поэтому теряются как не несущие полной информации.

Совмещением двух кадров, взятых через малое время, находят направления перемещения частиц: зная время между кадрами и максимальную скорость, определяется радиус шара Δl , в пределах которого может находиться частица. Математически это условие выглядит так:

$$\left| \sqrt{X_{k2}^2 + Y_{k2}^2 + Z_{k2}^2} - \sqrt{X_{k1}^2 + Y_{k1}^2 + Z_{k1}^2} \right| \leq \Delta l, \quad (2)$$

где координаты с индексом K1 принадлежат первому кадру, а с индексом K2 - второму кадру.

Но на практике (2) применять невыгодно из-за большого времени выполнения операций возведения в квадрат и извлечения квадратного корня, и поэтому оно применяется только после выполнения следующих условий:

$$|X_{K2}-X_{K1}| \leq \Delta l; |Y_{K2}-Y_{K1}| \leq \Delta l; |Z_{K2}-Z_{K1}| \leq \Delta l.$$

Скорость выполнения алгоритма совмещения кадров существенно выше, чем алгоритма совмещения подкадров, т.к. в кадрах содержится меньше информации, чем в подкадрах.

Определение скорости частицы наталкивается на противоречие – необходимо уменьшать время между кадрами для снижения ошибок совмещения частиц в кадрах и увеличивать это время для повышения точности расчета скорости. Выход из этого положения – рассмотрение четырех кадров, взятых попарно с малым временным расстоянием в парах и существенно большей задержкой (примерно в 10 раз) между парами. Здесь используется предположение о прямолинейности движения частицы за время между парами кадров, т.е. в парах рассчитываются вектора скоростей движения частиц, и затем с некоторым допуском, обусловленным малым временем наблюдения за частицей (время между кадрами), делается прогноз координат частицы (возможный объем) во второй паре кадров. Этот объем существенно меньше того объема, который используется в алгоритме совмещения кадров, и в нем производится поиск частицы с соответствующим вектором. На основе данных этого совмещения рассчитывается скорость частиц с приемлемой точностью.

Данная система способна регистрировать частицы размерами 10...100 мкм, имеющих скорость 0,01...1 м/с. Количество частиц в исследуемом объеме может достигать 3...5 тысяч штук. Измеряемая дальность составляет 2...10 м. Система может применяться как для сбора данных о микрометеорном окружении КА, так и, при соответствующей перестройке оптоэлектронного датчика, для наблюдения за большими фрагментами космического мусора, метеорами и болидами. Во втором случае информация с системы может служить для каталогизации объектов или для предупреждения и задания направления ухода от столкновения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков А.П. Измерение малых концентраций частиц – М.: Энергоатомиздат, 1981.
2. Клименко В.К. Приборы по измерению аэрозолей – М.: Наука, 1982.

3. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике –М.: Изд-во физ. мат. лит-ры, 1963.
4. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях / Под ред. Е.К. Завойского, М.: Наука, 1978.
5. Техническое зрение роботов / Под ред. Ю.Г. Якушенкова, М.: Машиностроение, 1990.
6. Арутюнов В.А. Линейные ФПЗС для автоматизации пространственных измерений // Электронная промышленность, 1986, вып. 5, с.16-18.
7. Вестник российской академии наук. Том 71, № 1, с. 26-31, 2001 г.

УДК 629.7.05

Белов Ю.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАССО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Характерной чертой развития современных космических систем зондирования (КСЗ) земной поверхности является усложнение космических аппаратов (КА), что обусловлено все возрастающими требованиями к таким основным критериям их эффективности как качество получаемой информации, оперативность ее доставки потребителю и производительность [1].

Отмеченная особенность развития КСЗ приводит к возрастанию массы и энергопотребления специальной аппаратуры (СА) зондирования и бортовых обеспечивающих систем (БОС), а в сочетании с требованием повышения их экономической эффективности – к увеличению сроков активного существования КА и запасов расходующихся материалов.

В этих условиях одной из актуальных проблем создания перспективных КСЗ является минимизация массо-энергетических показателей (МЭП) бортовой аппаратуры (БА) и неиспользуемых ресурсов КА.

Решение ее системными средствами возможно в двух направлениях. Первое основано на упрощении и, следовательно, улучшении МЭП новой и модернизируемой БА за счет усложнения логики управления ею и отражает в настоящее время общую тенденцию развития цифровых бортовых комплексов управления. Примерами являются применение в системе