

УДК 621.37/39

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЫЛЕВОЙ КОМПОНЕНТЫ СОБСТВЕННОЙ ВНЕШНЕЙ АТМОСФЕРЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Барышев Е.Ю., Семкин Н.Д.

Проблема влияния пылевых частиц размером несколько микрометров встает очень остро при проведении исследований дальнего космоса. Эти частицы создают реальную помеху для работы высокочувствительных оптических приборов, создавая световой поток, превышающий светимость дальних звезд. В связи с этим необходимо проводить исследования параметров частиц собственной внешней атмосферы (СВА) космических аппаратов с целью выяснения уровня помех, который они могут создать в том или ином эксперименте, а также снижения запыленности ответственных приборов.

Разработанная оптико-электронная система для регистрации и измерения параметров пылевой компоненты СВА космического аппарата состоит из трехканальной оптико-электронной системы регистрации и микропроцессорного блока обработки данных. Оптико-электронная система состоит из трех ПЗС матриц с фокусирующими линзами. Матрицы расположены на одной линии на некотором расстоянии друг от друга, которое определяет рабочую зону системы и точность получаемых параметров. В состав системы входит также осветитель в виде импульсной лампы с отражателями.

Во время вспышки света с ПЗС матриц считываются плоские изображения распределения частиц в исследуемом объеме (подкадр). Затем в блоке обработки из трех подкадров рассчитывается стереоизображение, т.е. во всех подкадрах находятся элементы, принадлежащие к одной частице в пространстве на основе геометрических соображений (рисунок 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_{mx} – геометрический размер матрицы по оси X ;

N – количество элементов разложения в строке матрицы;

Все три локальные координаты должны удовлетворять условию пучка трех прямых:

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

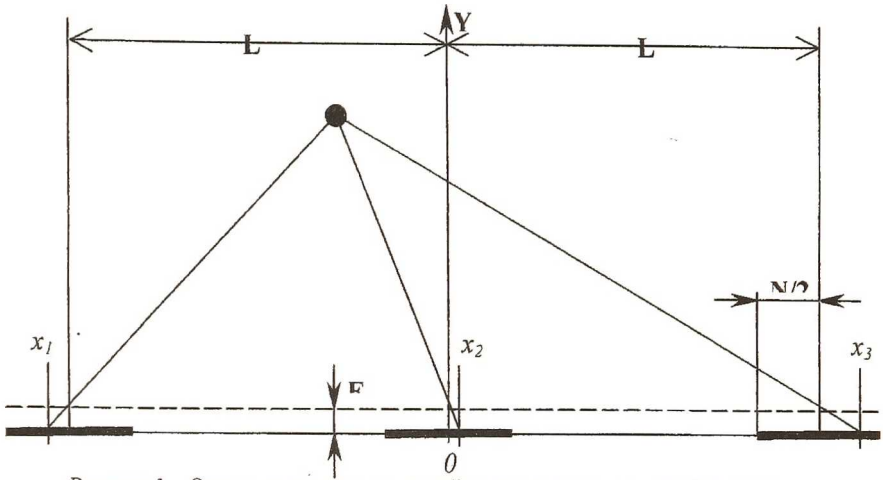


Рисунок 1 – Оптическая схема приемной части системы для одной строки.

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

На практике операция совмещения подкадров выглядит следующим образом. Из первого массива (данные, например, с левой камеры) берется первый значащий элемент (освещенность которого выше чем фоновая, т.е. градации серого не учитываются), из второго – также первый значащий элемент и 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.

Совмещением двух кадров, взятых через малое время, находятся 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:

$$\left| \sqrt{X_{K2}^2 + Y_{K2}^2 + Z_{K2}^2} - \sqrt{X_{K1}^2 + Y_{K1}^2 + Z_{K1}^2} \right| < \Delta l \quad (2)$$

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

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

$$|X_{K2} - X_{K1}| < \Delta l;$$

$$|Y_{K2}-Y_{K1}|<\Delta l;$$

$$|Z_{K2}-Z_{K1}|<\Delta l.$$

Скорость выполнения алгоритма совмещения кадров существенно выше, чем алгоритма совмещения подкадров, который выполняется медленно из-за большого количества анализируемых данных.

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 (~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.

Разработанная система способна регистрировать частицы размерами 10-100 мкм, имеющих скорость 0,01-1 м/с. Концентрация частиц в исследуемом объеме может достигать 3-5 тысяч штук. Рабочая дальность системы составляет 2-10 м.

Список использованных источников

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.

УДК 621.37/39

КВАРЦЕВЫЕ ВЕСЫ

Богоявленский Н. Л., Черванёв В. Ю.

Проблема загрязнения космического пространства волнует ученых с самого первого запуска космического аппарата. В результате сгорания ракетного топлива образуются частицы различного дисперсного состава,