

**Анализ влияния конструктивно-  
технологического разброса углового и  
линейного положения камер и динамики ЛА  
на характеристики алгоритмов обработки  
изображений в стереорежиме**

**Гришин В.А., Белинская Е.В.,**

**Институт космических исследований РАН**

В стерео режиме производится измерение высоты аппарата относительно поверхности Фобоса, при этом использована двухканальная схема стереоскопических измерений, т.е. когда установление соответствия сначала проводится по 4-кратно загрубленному изображению (250x250), а затем – по исходному (1000x1000).

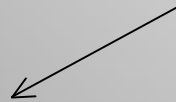
Измерения были проведены для ШТК  
( $f=0.018$  м, поле зрения =  $23.3^\circ$ ).

Также планируется проведение калибровки углового положения камер по изображению звездного неба с последующей передачей матриц ориентации в камеры. Величину стереобазы в процессе выполнения миссии измерить нельзя.

## Параметры ориентации

- Три угла поворота между камерами
- Величина стерео базы
- Два угла, характеризующие наклон базы относительно расчетного значения

## Влияния конструктивно-технологического разброса углового и линейного положения камер



Ошибка измерения дальности в зависимости от разбросов различных конструктивных параметров

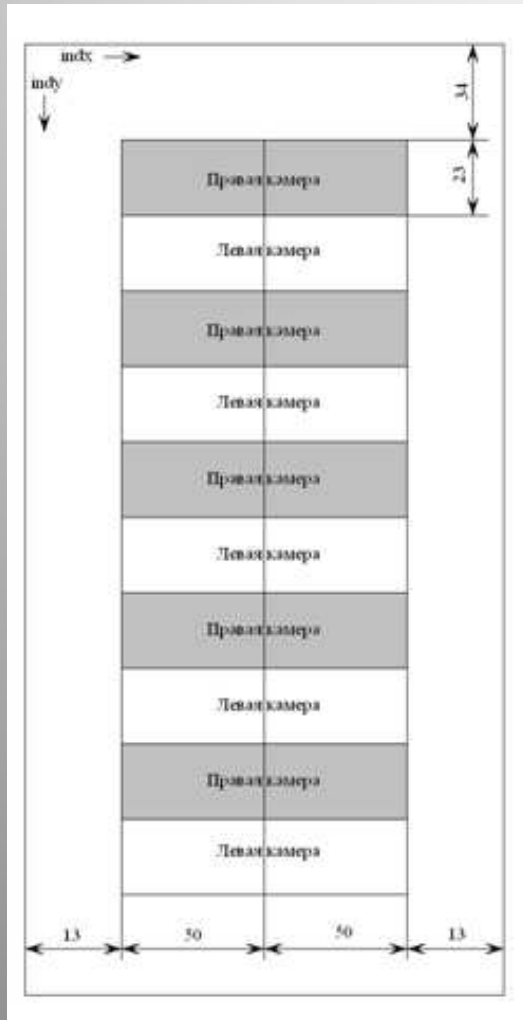


Влияние углового и линейного положения камер на конфигурацию и положение областей поиска соответствия

## Влияния динамики ЛА

- Влияние асинхронности съемки на погрешности измерения дальности.

## Ошибка измерения дальности в зависимости от разбросов различных конструктивных параметров



Ошибка измерения дальности оценивалась как:

$$\Delta_H = H_{\text{расч}} - H$$

Расчет проводился для 10 центральных точек областей поиска.

*Область 50% перекрытия поля зрения левой и правой камер*

## Ошибка измерения дальности в зависимости от разбросов различных конструктивных параметров

Параметры	Максимальная ошибка в к значению дальности, %	
Разворот камер		
$\theta = \pm 1^\circ$	стремится к 0	Влияние разворотов по отдельности
$\psi = \pm 1^\circ$	стремится к 0	
$\varphi = \pm 1^\circ$	стремится к 0	
$\theta = \varphi = \psi = \pm 1^\circ$	стремится к 0	Совместное влияние
Разворот базы и изменение ее значения		
$\alpha = \pm 1^\circ$	0.015	Влияние факторов по отдельности
$\beta = \pm 1^\circ$	0.015	
b=1.95 b=2.05	<b>2.56</b>	
$\alpha = \pm 1^\circ ; \beta = \pm 1^\circ$	0.03	Влияние углов
Разворот и камер, базы, изменение длины		
$\theta = \varphi = \psi = \alpha = \beta = \pm 1^\circ$	0.09	
$\theta = \varphi = \psi = \alpha = \beta = \pm 1^\circ$ b=1.95; b=2.05	<b>2.7</b>	Совместное влияние всех факторов

**Приняв за максимально допустимое значение ошибки 1%,  
получим следующие выводы:**

- Разворот камер как по одному углу, так и по всем трем на значение в  $1^\circ$  дает ошибку измерения дальности существенно меньшее, чем максимально допустимое (при условии, что результаты калибровки заложены в камеры ТСНН);
- Разворот базы (при неизменной длине в 2 метра) дает аналогичные результаты и является некритичным;
- Также некритичная ситуация наблюдается при одновременном развороте базы и камеры, но при фиксированном значении величины базы;
- Значение ошибки измерения дальности, превышающее максимально допустимое, наблюдается в случаях, когда меняется значение величины базы на 5 см, как в плюс, так и в минус. Реальные изменения длины базы, скорее всего, будут значительно меньше.

## **Влияние конструктивно-технологического разброса углового и линейного положения камер выход за границу кадра найденных особенностей**

Проводился анализ выхода за границу кадра угловых точек (20) области поиска особенностей (полный диапазон дальностей до высоты 10 м.), для случая моделирования разброса 5 углов и длины базы.

Разворот, град	Максимальное число точек, вышедших за границу кадра
0.6-1	12
0.5	8
0.2-0.4	2

Для новых размеров и положения областей поиска:

Разворот, град	Максимальное число точек, вышедших за границу кадра
1	6
0.9	1
0.2-0.8	0

## Влияние разброса параметров ориентации и положения камер на положение и конфигурацию областей поиска:

Разброс углов не прокалиброван и не учтен .

	Минимальное значение	Максимальное значение
Границы разброса начальной точки отрезка поиска по координате X, пикселов	-13	13
Границы разброса начальной точки отрезка поиска по координате Y, пикселов	-13	13
Разброс длины (эвклидовой) отрезка поиска, пикселов	<b>-4.96</b>	<b>4.1</b>
Угол разворота отрезка поиска относительно невозмущенного случая, град	-2.43	2.43
Область поиска соответствия по координате Y, пикселов	-13	15



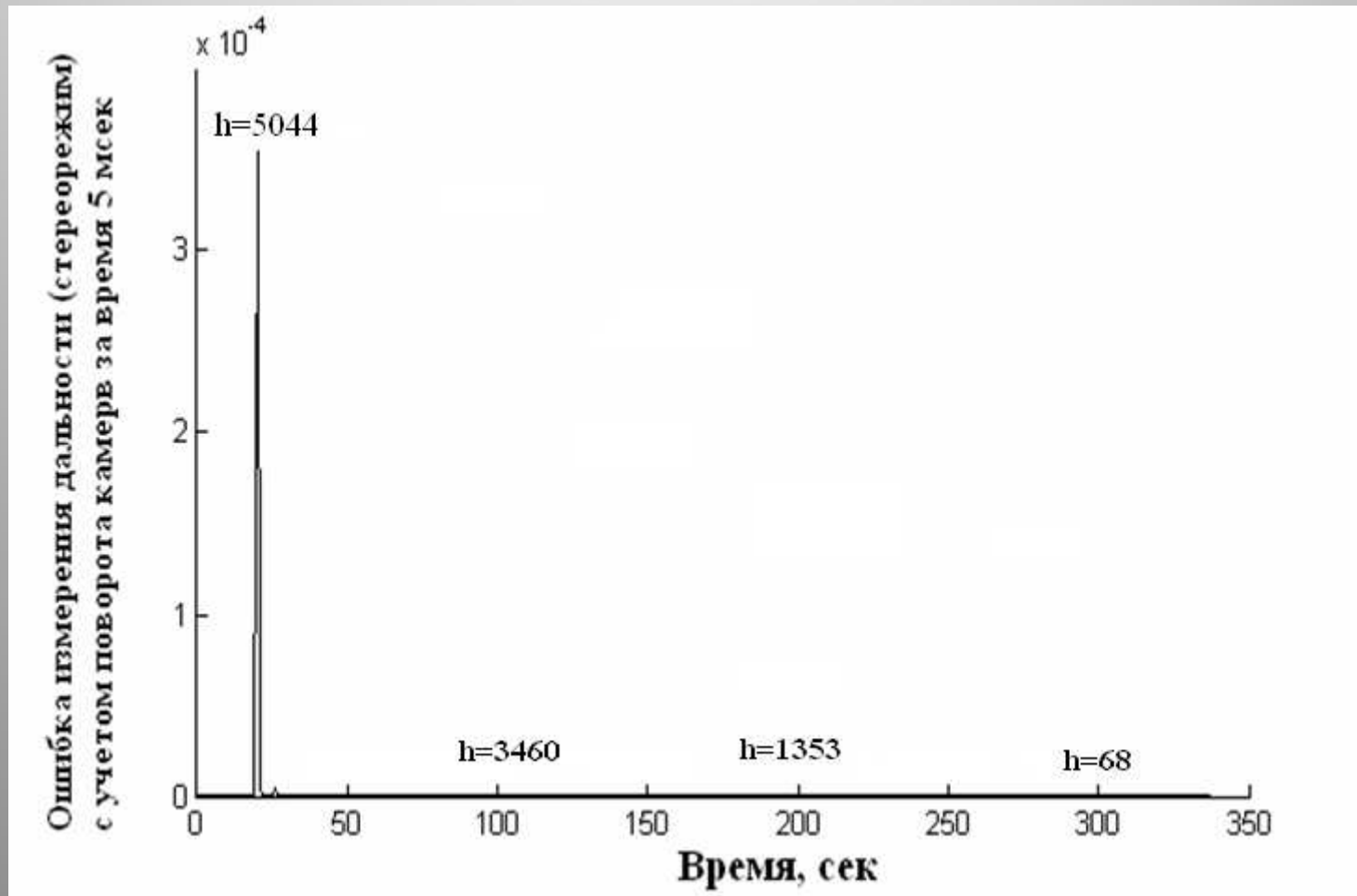
**Влияние разброса параметров ориентации и длины стереобазы  
(углы разворота камер прокалиброваны и учтены)**

	Минимальное значение	Максимальное значение
Разброс длины (эвклидовой) отрезка поиска, пикселей	-4.04	4.08
Угол разворота отрезка поиска относительно невозмущенного случая, град	-1.47	1.49
Область поиска соответствия по координате Y, пикселей	-2	3

Таким образом мы видим, что в случае учета разворота камер мы получили результат значительно лучше. Так при учете разворотов значение области поиска по координате Y уменьшилось примерно в 6 раз.

**Анализ влияния динамики ЛА на характеристики алгоритмов  
обработки изображений в стереорежиме  
(учет асинхронности съемки. Сценарий посадки ИПМ)**

Ошибка измерения дальности, обусловленная угловым движением (м):



# Анализ влияния динамики ЛА на характеристики алгоритмов обработки изображений в стереорежиме (учет асинхронности съемки. Сценарий посадки ИПМ)

Суммарная ошибка измерения дальности (м):

