

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

СИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ЗЕМНОГО МАГНЕТИЗМА,
ИОНОСФЕРЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

ИССЛЕДОВАНИЯ

ПО ГЕОМАГНЕТИЗМУ, АЭРОНОМИИ
И ФИЗИКЕ СОЛНЦА

Выпуск 95



«НАУКА»

УДК 520.24:535

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАБОТЫ ФОТОГЛАЗОВ И ИЗОЛИРУЮЩЕГО
ОКНА ПАВИЛЬОНА НА КАЧЕСТВО СОЛНЕЧНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

А.В.Булатов, С.А.Дружинин, А.А.Певцов,
В.И.Левковский, И.С.Саттаров

AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF OPERATION OF PHOTOELECTRIC
GUIDERS AND OF THE BUILDING SEALING WINDOW ON SOLAR IMAGE QUALITY

A.V.Bulatov, S.A.Druzhinin, A.A.Pevtsov,
V.I.Levkovsky, I.S.Sattarov

A study was made of the influence of operation of the guiding system and of the protective window within the solar telescope building upon image quality at the prime focus. A comparison was made of signals of solar limb motion from the common guider (the image was constructed by an additional mirror of smaller diameter as compared with the main mirror) and of sunspot displacement at the prime focus. A photoelectric guider for sunspot was used for recording of sunspot displacements. It is shown that, with the inclusion of the common guider, the amplitude of motion at the small aperture increases appreciably, while at the prime focus this is less noticeable. Besides, with the common guider in operation, there is a change in spectral composition of sunspot displacement signals at the prime focus, and new peaks in the range of 0.01-0.1 Hz appear in the power spectrum. By analyzing the data obtained, it is concluded that the difference of solar limb and sunspot motions is associated mainly with the difference of apertures which construct the image at the common guider and at the prime focus. In this case the size of atmospheric inhomogeneities which cause the motion, is comparable with the guider mirror (40 mm). The use of a protective window decreases the amplitude of image motion at the common guider.

Введение

Известно, что одним из факторов, ухудшающих качество астрономического изображения, является дрожание. В определенной степени в дрожание вносят вклад атмосферная нестационарность вне телескопа и внутри его павильона, инструментальные погрешности, ветровая нагрузка и микросейсм.

Для компенсации смещения изображения применяются различные следящие системы (фотогиды). Обычно гидирование осуществляется по краю диска Солнца, а изображение на датчиках гида строит отдельным зеркалом меньшего размера, чем главное зеркало. Работа такого гида может приводить к ложным смещениям основного изображения из-за некорригированности дрожания в простейшем случае. Работа из-за [1]. По моему мнению, это может происходить и из-за различия диаметров главного зеркала и зеркала гида.

Для улучшения качества изображения некоторые наблюдатели используют павильон телескопа от внешней атмосферы, закрывая входное окно в павильон прозрачной пластиной (И.С.Саттаров - в Ташкенте, Э.В.Кандратов - в Пулково). Количественные оценки влияния такого окна на величину и спектр дрожания неизвестны.

Авторы поставили цель - рассмотреть взаимосвязь дрожаний изображения солнечного пятна в главном фокусе телескопа с дрожанием края на датчиках фотогида, а также влияние защитной пластины на входном окне павильона и гидированной системы на изображение в главном фокусе телескопа.

Наблюдения

Наблюдательный материал был получен 8 и 13 июня 1988 г. на горизонтальном солнечном телескопе АДУ-5 Астрономического института АН УзССР в г.Ташкенте. Диаметр главного зеркала телескопа - 440 мм. Телескоп оснащен общим гидом, аналогичным описанному в работе [2], работающим по краю диска Солнца. Перед главным зеркалом установлено дополнительное зеркало диаметром 38 мм, строящее изображение на общем гиде. Фокусные расстояния обоих зеркал равны. При смещении изображения на фотоэлементах общего гида выполняется сигнал рассогласования, который управляет поворотом дополнительного зеркала целостной пары.

Для измерения смещений изображения в главном фокусе был установлен местный фотогид, работающий по изображению солнечного пятна. Смещения пятна в этом гиде регистрируются квадратными фотоэлементами и компенсируются поворотом двух плоскопараллельных стеклянных пластинок, расположенных перед диодом. Подробное описание этого гида дано в работе [3].

Таким образом, в данном эксперименте регистрировались (по координатам α и δ) сигналы рассогласования с фотоэлементами общего гида, сигналы, соответствующие повороту плоскопараллельных пластин местного гида (пропорциональные смещению пятна), и остальные, нескомпенсированные местным гидом сигналы с квадратного фотогида. Запись велась на аналоговый многоканальный магнитофон Н-067.

Местный гид калибровался поворотом соответствующей плоскопараллельной пластинки на некоторый угол. Возникающий при этом сигнал с квадратного фотогида пересчитывался в угловые секунды, исходя из известных размеров тени пятна. Для калибровки общего гида проводились амплитуды медленных смещений изображения с работающего местного гида и сигнал рассогласования с фотоэлементами выходного общего гида (рис.1,а,б, режим II). Заметим, что из-за конечных размеров датчиков обоих гидов при больших смещениях изображения такая калибровка будет нелинейной. Понимая это, мы старались смещать изображение на небольшую величину так, чтобы не нарушать линейности калибровочной кривой.

Наблюдения проводились в безоблачные ясные дни при слабом ветре в различных режимах: с работающим и неработающим общим гидом, с открытым и закрытым окном павильона телескопа. Общая продолжительность записей составила пять часов за два дня наблюдений.

Результаты наблюдений

На рис.1 и 2 представлены примеры оригинальных записей за 13 июня для трех из шести регистрируемых каналов с разным временным разрешением. Поясним связь сигналов с местного и общего гидов. При выключенном общем гиде с его датчиков идет низкочастотный сигнал (см. рис.1,а (II)), обусловленный неточностью часового ведения. Местный гид полностью отслеживает эти смещения (см. рис.1,б,в (II)). Подобные фрагменты использовались для калибровки общего гида. Работаящий общий гид компенсирует такие низкочастотные смещения, хотя иногда наблюдаются явные отличия в сигналах с общего и местного гидов (см. рис.1,а,б (I)). Эти отличия могут быть связаны как с разным характером дрожаний края диска и солнечного пятна, так и с различием апертур, строящих изображения на общем и местном гидах. Величина апертур, строящих изображения сравним с размером зеркала общего гида, значительно меньшим, чем размер главного зеркала телескопа, то в фокусе зеркала общего гида это проявится в виде провала изображения, а в главном фокусе - как замыкание. В этой ситуации общий гид, обрабатывая "ложные" возмущения, смещает изображение в главном фокусе, что можно заметить на рис.2,а,б (I,II). Рисунок I построен по усредненным данным (2,5 с). Этим объясняется уменьшение амплитуды высокочастотной компоненты сигналов.

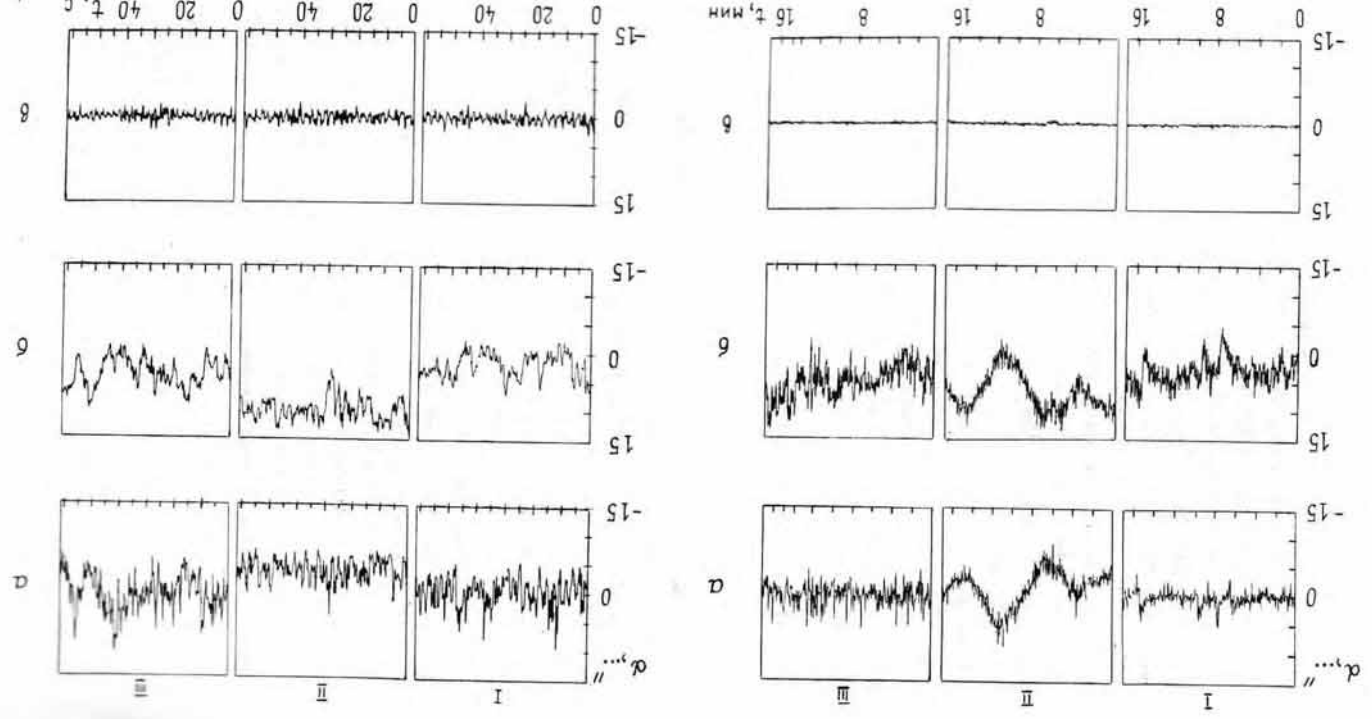
Спектральный анализ показал изменение спектрального состава сигналов при включении общего гйда. На рис. 3 приведены спектры мощности сигналов с местного гйда при работающем и выключенном общем гйде. Пики в области 0,001-0,01 Гц связаны с периодическими ошибками работы привода часового ведения. Общий гйд частично обрабатывает ошибки, поэтому мощность пиков в этой области частот уменьшается (см. рис. 3, а) по сравнению с режимом выключенного общего гйда (см. рис. 3, б). Пики в области от 0,09 до 0,1 Гц также связаны с периодической ошибкой работы привода. Однако амплитуда этих колебаний не выходит за порог чувствительности общего гйда и поэтому их мощность практически одинакова на обоих спектрах. Особенностью приведенных спектров является то, что в области частот от 0,01 до 0,1 Гц при работающем гйде появляются дополнительные спектральные составляющие. Создается впечатление, что общий гйд обрабатывает некие смещения, не свойственные изображению в главном фокусе. Включение общего гйда приводит к увеличению дисперсии дрожания (см. таблицу).

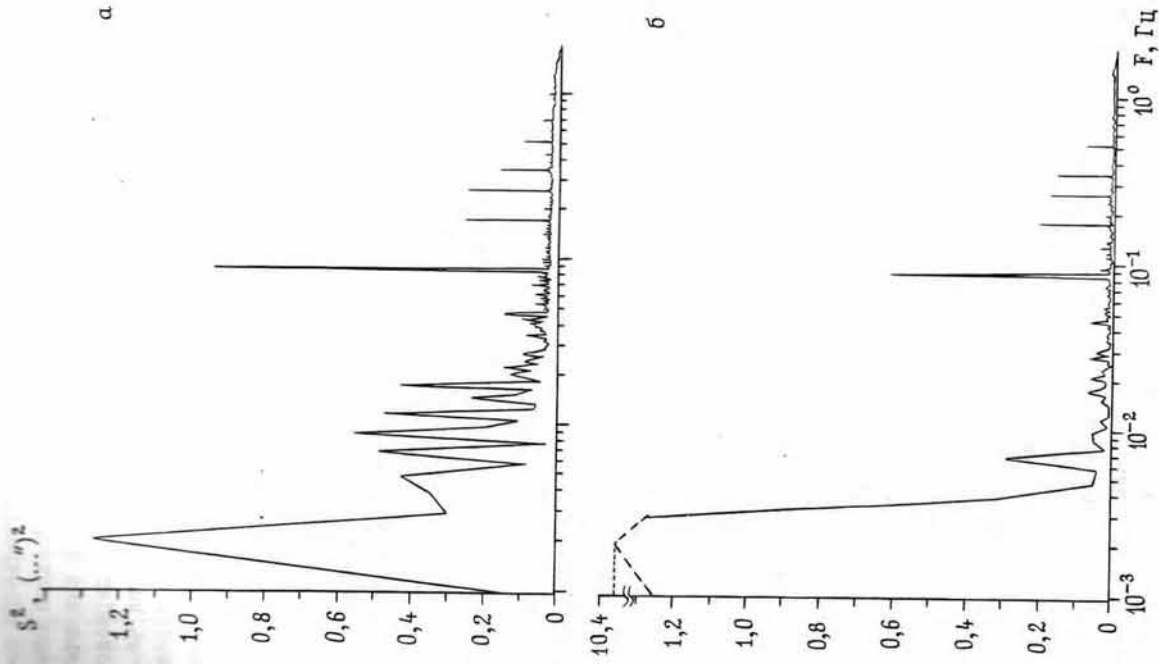
Гйд	Среднеквадратичное отклонение сигналов дрожания для режимов		
	I	II	III
Остаточный сигнал	Интервал I мин		
Местный гйд	1,07	0,96	1,02
Общий гйд	1,46	1,42	1,69
	2,07	1,65	3,13
Остаточный сигнал	Интервал 15 мин		
Местный гйд	1,01	1,08	1,09
Общий гйд	2,01	2,27	2,26
	2,28	2,78	3,32

На примерах регистрограмм (рис. 1 и 2) видна эффективность работы местного гйда. Это же подтверждается спектрами, приведенными на рис. 4. Из их сопоставления можно заключить, что местный гйд удовлетворительно обрабатывает дрожания до 1-2 Гц. Амплитуда остаточного сигнала с кварцантного фотоиода не превышает 1-1,5". Рассмотрим теперь влияние защитного окна. Уже в процессе наблюдения видно, что при закрытом окне улучшается качество изображения. На регистрограммах рис. 1, а (I, II) при открытом окне дрожание больше, причем возрастает низкочастотная область спектра. Сравнительная запись для этого случая, можно заключить, что при открытом окне усиливаются атмосферные неоднородности, по размеру сравнимые с зеркалом общего гйда. Гйд реагирует на них и "водит" изображение в главном фокусе, тем самым усиливая шум в сигнале местного гйда.

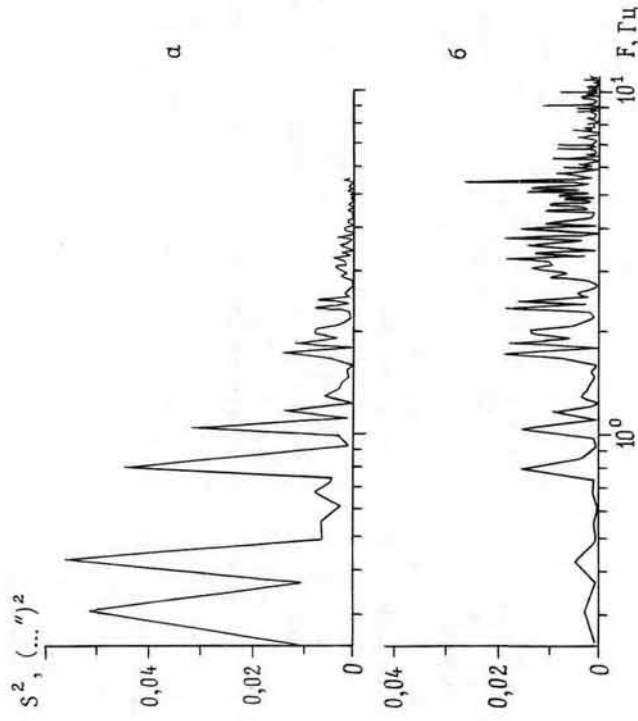
Р и с. 1. Регистрограммы сигналов дрожания по одной координате: а - смещение края; б - смещение центра; в - некомпенсированный (остаточный) сигнал с кварцантного фотоиода. Режимы: I - резонанс; II - выключен общий гйд, окно закрыто; III - работает общий гйд, окно открыто. По ordinate - смещение в угловых секундах, по абсциссе - время в минутах

Р и с. 2. Фрагменты регистрограмм сигналов дрожания по одной координате из сигналов, представленных на рис. 1. Обозначения те же, что на рис. 1. По абсциссе - время в секундах





Р и с. 3. Спектры мощности сигналов с местного гйда:
 а - общий гйд включен; б - общий гйд выключен. По ор-
 динате - спектральная мощность, по абсциссе - частота
 в логарифмической шкале



Р и с. 4. Спектры мощности сигналов: а - местный гйд;
 б - некомпенсированное дрожание с квадратного фотоиода

Для характеристики качества изображения часто применяют пара-
 метр Γ_0 (параметр Фрида), имеющий смысл размера области корреля-
 ции атмосферных искажений поля светового излучения [4]. Для
 $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ Γ_0 может быть рассчитано по формуле [5]

$$\Gamma_0 = 8,25 \cdot 10^5 D^{-0,2} \lambda^{1,2} (\beta \alpha)^{-0,6},$$

где D - диаметр апертуры телескопа; $\beta \alpha$ - дисперсия дрожания
 (в угл.с). Величина Γ_0 , полученная усреднением по 21 20-секунд-
 ному интервалу, составила 3,1 см (для $\beta \alpha = 0,87''$), а по наблюде-
 ниям на вакуумном телескопе Sacramento Peak $\Gamma_0 = 8,7$ см.

Заключение

По нашим наблюдениям дрожание края изображения Солнца на фото-
 элементах общего гйда и солнечного пятна в главном фокусе имеет
 разный характер. Это вызвано следующими причинами. Прежде всего,
 различие дрожаний двух пространственно разнесенных точек можно
 объяснить прохождением через световой пучок атмосферных неоднород-
 ностей. В результате на формирование изображения в разных его
 участках оказывают влияние разные атмосферные линзы. Кроме того,

для различных диаметрах входных апертур телескопов такие неоднородности по-разному влияют на изображение в главном фокусе и фокусе зеркала гюйса. На меньшей апертуре их влияние проявляется в большей степени как дрожание, а на большей — как замывание.

При открытом защитном окне павильона амплитуда дрожания на общем гюйсе заметно увеличивается (примерно в полтора раза), в то время как в главном фокусе она почти не меняется. Последнее говорит в пользу зависимости характера дрожания от диаметра апертуры. Размер атмосферных линз при этом должен быть сравним с размером зеркала гюйса (30–40 мм). Наибольший вклад в дрожание такие атмосферные неоднородности дают в области частот 0,01–0,1 Цз. Это следует учитывать при получении длительных рядов наблюдений колебательных и волновых процессов на Солнце, поскольку общий гюйс может вносить "ложные" смещения (дрожание) в той области частот, в которой, по сути, он должен их компенсировать.

Влияние защитного окна на характер дрожания говорит о том, что для телескопа в Ташкенте дрожание в значительной степени обусловлено павильонным эффектом.

Л и т е р а т у р а

1. Von der Luhe O. Measurements of characteristics of image motion with a solar image stabilizing device // *Astron. Astrophys.* 1988. Vol.205, N 1/2. P.354-360.
2. Григорьев В.М., Осак Б.Ф., Палачев Ю.М. Вспомогательные автоматические устройства солнечных телескопов // Исследования по геомагнетизму, аэронавтике и физике Солнца. М.: Наука, 1980. Вып.52. С.177–192.
3. Дружинин С.А., Маслов И.Л., Левцов А.А. Фотогид для солнечного пятна // Там же. 1988. Вып.83. С.149–153.
4. Fried D.L. Statistics of geometric representation of wave-front distortion // *J.Opt. Soc. Amer.* 1965. Vol.55. P.1427.
5. Brandt P.N., Mauter H.A., Smartt R. Day-time statistics at Sacramento Peak Observatory // *Astron. Astrophys.* 1987. Vol.188. P.163–168.

Сибирский институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
СО АН СССР

Статья поступила
в январе 1990 г.