

УДК 520.2

АДАПТИВНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ БОЛЬШОГО СОЛНЕЧНОГО ВАКУУМНОГО ТЕЛЕСКОПА

В.П. Лукин, Л.В. Антошкин, Н.Н. Ботыгина, О.Н. Емалеев, П.А. Коняев, Е.А. Копылов

ADAPTIVE OPTICAL SYSTEM FOR THE LARGE SOLAR VACUUM TELESCOPE

V.P. Lukin, L.V. Antoshkin, N.N. Botygina, O.N. Emaleev, P.A. Konyaev, E.A. Kopylov

Всем известно, что атмосферная турбулентность существенно снижает разрешение солнечных телескопов. Для компенсации ее влияния традиционно используются адаптивные оптические системы с корреляционными датчиками смещения изображения, работающие в реальном времени. Основная проблема солнечных АО-систем заключается в создании датчика волнового фронта, использующего в качестве источника излучения любой фрагмент солнечного диска.

All the world knows that atmospheric turbulence considerably lowers resolution of solar telescopes. Adaptive optical systems with real-time correlation transducers of image shift are applied to compensate the atmospheric turbulence effect. The major problem of solar adaptive optical systems lies in constructing a wave-front transducer that can use any solar disc fragment as a radiation source.

Всем известно, что атмосферная турбулентность существенно снижает разрешение солнечных телескопов. Для компенсации ее влияния традиционно используются адаптивные оптические системы (АОС) с корреляционными датчиками смещения изображения, работающие в реальном времени. Основная проблема солнечных АОС заключается в создании датчика волнового фронта, использующего в качестве источника излучения любой фрагмент солнечного диска.

АОС с корреляционным датчиком смещения изображения, созданная в лаборатории когерентной и адаптивной оптики Института оптики атмосферы (ИОА), при испытании на Большом солнечном вакуумном телескопе (БСВТ) Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ показала достаточно высокую эффективность при стабилизации фрагмента изображения с порой или солнечным пятном. Однако при слежении за фрагментом грануляции с контрастом 1–2 % АОС на основе стандартного корреляционного датчика не дала желаемого результата. В 2004 году был разработан модифицированный корреляционный датчик (МКД). АОС с МКД показала хорошие результаты при работе с грануляционной структурой только при исключительно хороших условиях видения.

Для исследований, проводимых на БСВТ, необходима не только стабилизация изображения изучаемого объекта, но и улучшение качества изображения за счет компенсации аберраций волнового фронта принимаемого излучения.

Для этих целей нами совместно с ИСЗФ была разработана АОС с корреляционным датчиком Шека–Гартмана и деформируемым зеркалом в качестве корректирующего устройства (рис. 1).

Для реализации возможности одновременной компенсации угловых смещений и высших аберраций волнового фронта используется биморфное деформируемое зеркало DM-31-300 (рис. 2), с 31 пьезокерамическим элементом и диапазоном управляющих напряжений ± 300 В.

Управляемое зеркало устанавливается в выходном зрачке телескопа ($\Gamma = 10$). При полной апертуре зеркала 105 мм предполагается использовать внешнее пьезокерамическое кольцо биморфных элементов зеркала для управления общим наклоном поверхности, а внутренние кольца – для компенсации высших аберраций волнового фронта в выходном зрачке.

В настоящей работе сообщаются результаты испытания деформируемого зеркала DM-31-300 на лабораторном стенде ИОА и в реальной схеме АОС на БСВТ.

При исследовании деформируемого зеркала на интерферометре Физо получены следующие статические характеристики. Отклонение поверхности от плоскостности, при подаче на все электроды выравнивающего напряжения, составило $P-V=0.301$ мкм при среднеквадратичном отклонении $RMS=0.028$ мкм.

При неоднократном повторении воспроизведения «нулевой» поверхности после снятия заданной деформации и исключения влияния гистерезиса изменения управляющих напряжений составили 27 % от средних значений.

Зависимость угловых характеристик для различных световых апертур приведена на рис. 3.

Максимально достигнутый угол поворота плоскости зеркала составил 7°, при этом среднеквадратичное отклонение от плоскостности поверхности составило $RMS = 0.095$ мкм по оси X и $RMS = 0.11$ мкм по оси Y.

Были сняты функции отклика каждого элемента зеркала на лабораторном стенде и в реальной схеме телескопа (рис 4). Функции отклика электродов получались помощью разложения по полиномам Цернике на круге единичного радиуса.

При анализе функции отклика управляющих элементов было определено, что максимальная локальная деформация зеркала относительно выровненной поверхности лежит в пределах 2.52 мкм (4 λ).

Измерена величина аберраций непосредственно в оптической системе телескопа. На основании проведенных исследований дорабатывается алгоритм функционирования АОС для телескопа.

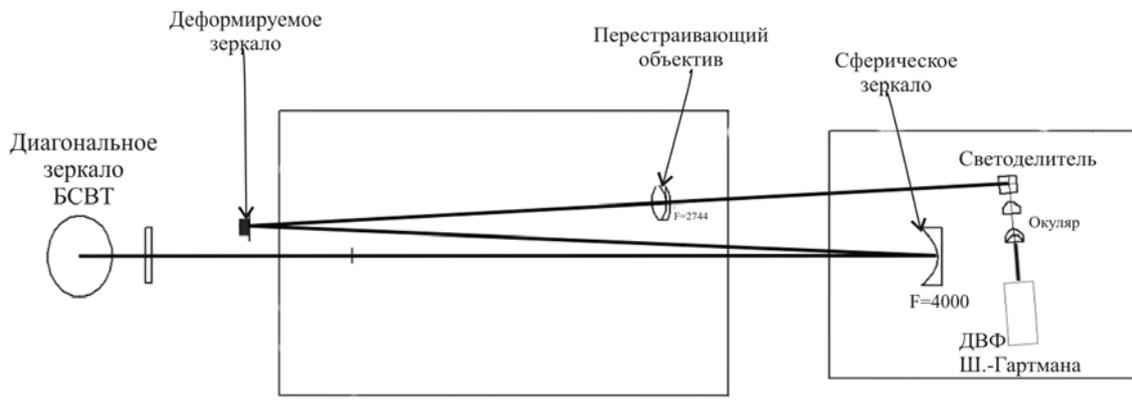


Рис. 1. Оптическая схема адаптивной оптической системы.

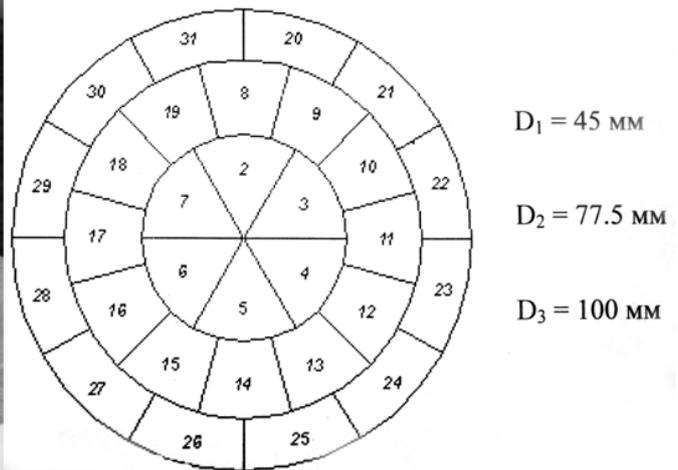


Рис. 2. Биморфное деформируемое зеркало DM-31-300.

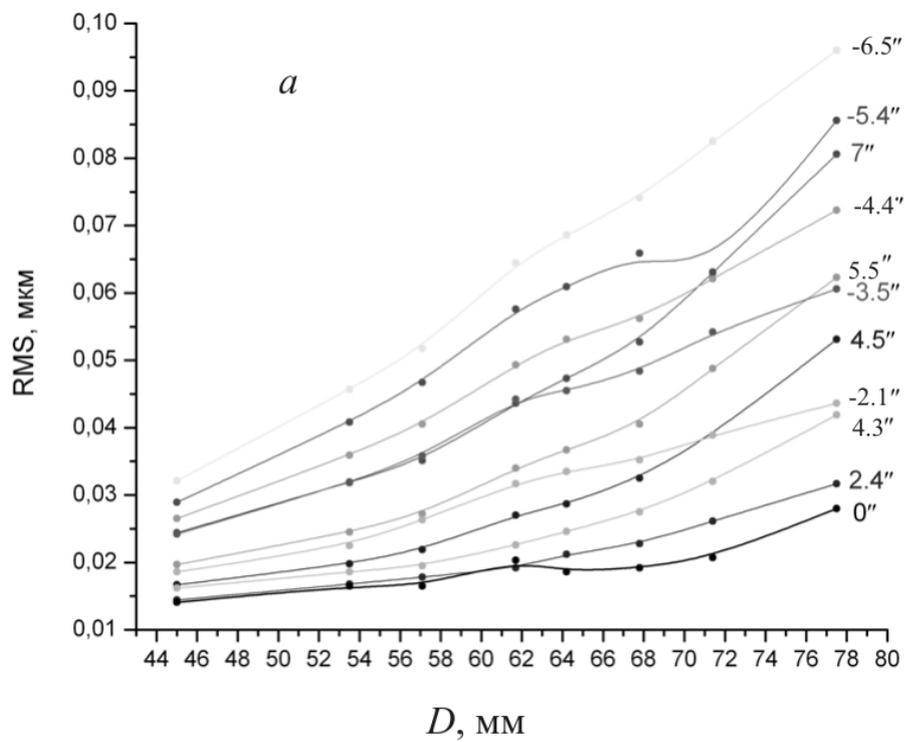


Рис. 3.

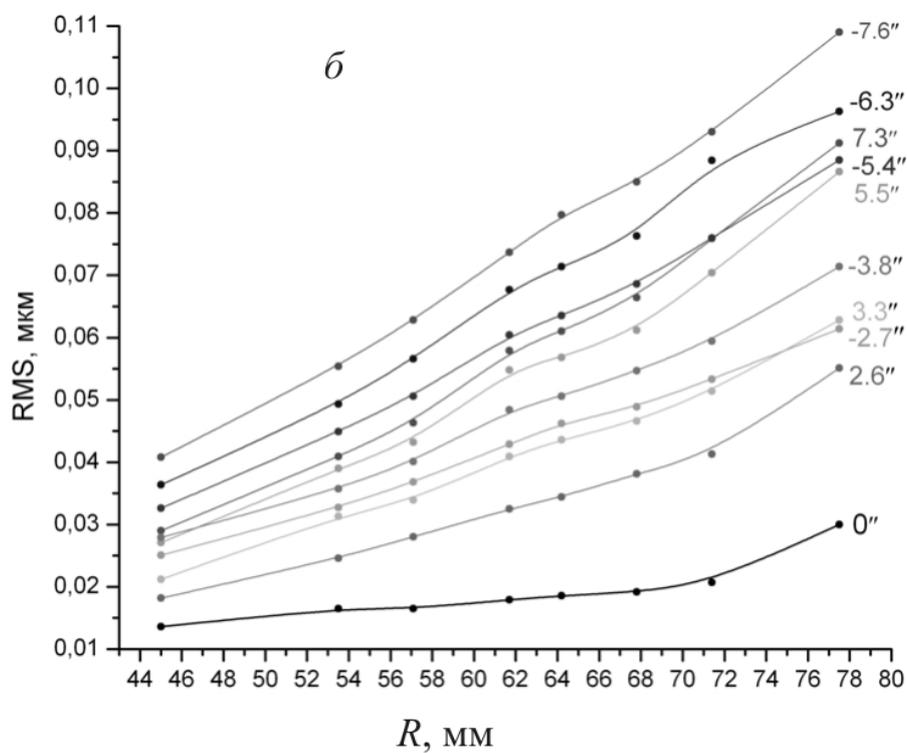


Рис. 3 (продолжение). Зависимость угловых характеристик для различных световых апертур.

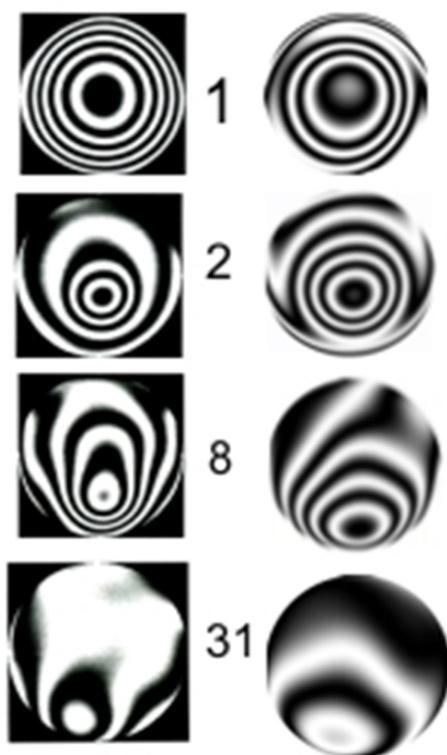


Рис. 4. Выборочные функции отклика зеркала, снятые на лабораторном стенде (слева) и на телескопе (справа).