УДК 535.317.2: 520.2

ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫЕ КОМПЕНСАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ ГЛАВНЫХ ЗЕРКАЛ ОПТИЧЕСКИХ ТЕЛЕСКОПОВ

© 2007 г. **Д. Т. Пуряев**, доктор техн. наук; **Н. А. Граф**

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

E-mail: graf.nataliya@gmail.com

Рассмотрены оптические системы зеркально-линзовых компенсаторов для контроля формы главных зеркал оптических телескопов на примере параболического зеркала диаметром 6 м телескопа БТА (Большого азимутального телескопа), гиперболического зеркала диаметром 1,7 м телескопа Т170, гиперболического зеркала диаметром 4,1 м телескопа VISTA (Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy).

Коды OCIS: 120.6650, 220.1250, 220.4840, 350.1260.

Поступила в редакцию 23.04.2007.

Как известно, для контроля формы главных зеркал крупных телескопов при их изготовлении и аттестации наиболее рациональным является компенсационный метод, основанный на компенсации аберраций нормалей асферической поверхности. Данный метод в схеме интерферометра предложен и впервые осуществлен в нашей стране в 1962 г. [1]. Он позволяет оценить контролируемые асферические поверхности как с качественной, так и с количественной стороны. Наиболее важным узлом в рабочей ветви интерферометра является компенсатор, который преобразует падающий на него плоский или сферический волновой фронт в асферический, совпадающий с теоретической формой контролируемой поверхности. Задача создания компенсатора заключается в реализации такой оптической системы, которая позволяла бы с высокой точностью компенсировать сферическую аберрацию контролируемого зеркала и имела бы предельно простую конструкцию.

Существует достаточно много схем компенсаторов для контроля формы асферических поверхностей, причем большинство из них либо зеркальные, либо линзовые. В данной работе рассматривается возможность применения зеркально-линзовых систем на примере главных зеркал таких известных телескопов, как БТА (Большой азимутальный телескоп), Т170 и VISTA (Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy). Параметры этих зеркал представлены в табл. 1.

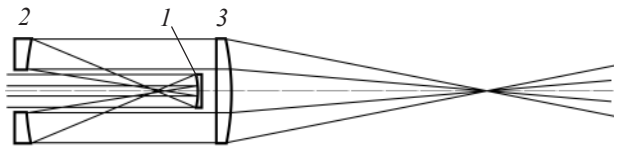


Рис. 1. Оптическая схема компенсатора (пояснения см. в тексте).

Первый из рассматриваемых компенсаторов состоит из телескопической системы *1*, *2* и плосковыпуклой линзы *3* (рис. 1). За счет того что зеркало *1* находится на небольшом расстоянии от линзы *3*, существует возможность его крепления к линзе, в результате чего в системе отсутствуют так называемые “растяжки”. Система достаточно проста и имеет минимальное количество элементов, но ее возможности в отношении коррекции волновой аберрации ограничены, поэтому следующий из рассматриваемых компенсаторов дополнен линзовым элементом *4*, расположенным в области каустики (рис. 2).

В компенсаторах для контроля главных зеркал телескопов Т170 и БТА в качестве дополнительного коррекционного элемента *4* использовалась одиночная линза. Главное зеркало телескопа VISTA является более сложным, чем вышеперечисленные зеркала. Оно имеет значительное отступление от ближайшей сферы (почти 4 мм) и к нему предъявляются

Таблица 1. Параметры главных зеркал телескопов

Телескоп	Форма	Внешний диаметр D, мм	Диаметр отверстия D_0, мм	Радиус кривизны при вершине R_0, мм	e^2
Т170	Вогнутый гиперболоид	1700	660	9444,44	1,05389
БТА	Вогнутый параболоид	6000	1800	48000	1
VISTA	Вогнутый гиперболоид	4100	1200	8094	1,129792

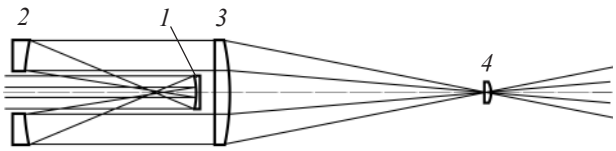


Рис. 2. Оптическая схема компенсатора с дополнительным коррекционным элементом в области каустики (пояснения см. в тексте).

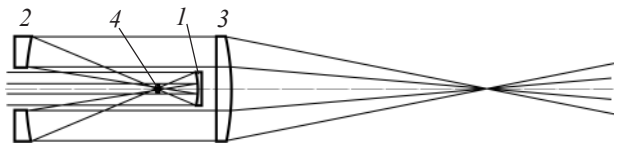


Рис. 3. Оптическая схема компенсатора с дополнительным коррекционным элементом в области передней каустики (пояснения см. в тексте).

Таблица 2. Характеристики компенсаторов по схеме рис. 2

Главное зеркало телескопа	Остаточная волновая аберрация Δλ, мкм (λ = 0,6328 мкм)	Габариты компенсатора (не более), мм			
		$D_к$	$L_к$	$D_{вх}$	$L_{3–4}$
Т170	λ/350	31	164	7,7	123,9
БТА	λ/80	30,1	173	5,6	127,8
VISTA	λ/38	169	712	47,7	312,7

Таблица 3. Характеристики компенсаторов по схеме рис. 3

Главное зеркало телескопа	Остаточная волновая аберрация Δλ, мкм (λ = 0,6328 мкм)	Габариты компенсатора (не более), мм			
		$D_к$	$L_к$	$D_{вх}$	$L_{1–4}$
Т170	λ/38	130,4	380	49,6	54,6
БТА	λ/250	107	274	35,8	36,7

высокие требования точности изготовления поверхности, поэтому для улучшения коррекционных свойств компенсатора в качестве элемента *4* применялась склеенная линза. Остаточная волновая аберрация компенсационных систем и габариты компенсаторов приведены в табл. 2.

В некоторых случаях линза *4* может находиться на достаточно удаленном расстоянии от блока *1–3*, что в свою очередь приводит к излишнему увеличению длины компенсатора. Этот недостаток может быть исправлен, если переместить элемент *4* в область передней каустики (рис. 3).

Система такого компенсатора была рассчитана для контроля главных зеркал телескопов Т170 и БТА. Остаточные волновые аберрации компенсационных систем и габаритные размеры компенсаторов приведены в табл. 3. В данном случае в качестве дополнительного коррекционного элемента в системе для контроля зеркала телескопа Т170 использовалась одиночная линза, для зеркала телескопа БТА – склеенная линза. За счет того, что линза *4* находится на небольшом расстоянии от зеркала *1*, существует возможность ее крепления к зеркалу, в результате чего в системе отсутствуют так называемые “растяжки”. Но, как видно из табл. 2 и 3, при перемещении коррекционного элемента *4* в область передней каустики увеличиваются общие габариты системы.

Новизна предложенных схем заключается в применении телескопической системы в комбинации с линзовыми элементами. Конструктивное решение позволило существенно уменьшить габаритные размеры компенсатора и практически полностью устранить остаточные аберрации всей компенсационной системы, включающей в себя контролируемое зеркало телескопа и собственно компенсатор. Все варианты являются достаточно простыми, имеют только плоские и сферические поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пуряев Д.Т.* Методы контроля оптических асферических поверхностей. М.: Машиностроение, 1976. 264 с.