

УДК 520.2.02

Светосильный широкоугольный телескоп диаметром 180 мм. Конструкция

А.В. Долгополов

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория” КНУ им. Т. Шевченко, Научный,
АР Крым, Украина, 98409
dolgop@ukr.net

Поступила в редакцию 17 октября 2013 г.

Аннотация. Описана конструкция светосильного широкоугольного телескопа с диаметром входного зрачка 180 мм, фокусным расстоянием 294 мм и угловым полем зрения 10° . Найдены оригинальные конструктивные решения для данного типа систем.

FAST WIDE-FIELD TELESCOPE. MECHANICAL DESIGN, *by A.V. Dolgoplov*. The paper describes a mechanical design of the fast wide-field telescope with an entrance pupil diameter of 180 mm, 294 mm focal length and angular field of view of 10° . The original design has been found for this type of systems.

Ключевые слова: широкоугольный светосильный телескоп, конструкция

1 Введение

Телескопы с большим полем зрения (широкоугольные телескопы) становятся все более актуальными в современной астрономии. Они позволяют решать такие задачи, как поиск комет и астероидов, осуществлять слежение за искусственными спутниками Земли и их фрагментами, изучать космические объекты большого углового размера, исследовать скоротечные события в галактиках (например, γ -всплески) и многие другие астрономические задачи.

В Крымской астрофизической обсерватории создан широкоугольный объектив VT-52с, имеющий эффективный диаметр апертуры 140 мм, фокусное расстояние 294 мм и угловое поле зрения 10° . Катадиоптрическая оптическая система рассчитана В.Ю.Теребижом (2011). Линейный диаметр поля зрения составляет 52 мм. Параметры объектива выбраны таким образом, чтобы в качестве детектора можно было бы использовать матрицы с диагональю около 52 мм, в частности, Kodak KAF 09000 и KAF 16801. Размеры пикселей упомянутых выше матриц составляют соответственно 12 мкм и 9 мкм, поэтому при расчете объектива особое внимание уделялось качеству изображений в широком спектральном диапазоне. Оптические детали двух телескопов VT-52с изготовлены В. Скирутой в оптической мастерской НИИ “КрАО”.

2 Характеристики объектива

Общие характеристики объектива указаны в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики телескопа VT-52с

Параметр	Величина
Эффективный диаметр апертуры	140 мм
Диаметр входного зрачка	180 мм
Эффективное фокусное расстояние	294 мм
Светосила	f/1.63
Основной спектральный диапазон	0.45–0.85 мкм
Угловой размер поля зрения	10°.0
Линейный диаметр поля зрения	51.8 мм
Задний отрезок	35 мм
Пропускание света при нанесении на поверхности одного слоя MgF_2 (включая окно приемника) диапазон 0.45–0.52 мкм диапазон 0.52–0.85 мкм	50–70 % ~ 70 %
Максимальная дисторсия на краю поля	0.25 %
Длина объектива в оправе	288 мм
Длина телескопа с блендой и ПЗС-камерой	795 мм
Масса телескопа	19 кг

3 Конструкция телескопа

В связи с тем, что проектируемая система должна быть автоматизированной с быстрым перенаведением на очередную область неба, одно из основных требований к телескопу заключалось в минимизации его веса. Другим важным требованием было обеспечение высокой точности установки оптических элементов и приемной аппаратуры.

Таблица 2. Допуски на положение оптических деталей

№ детали	Децентрировка по оси X, мм	Децентрировка по оси Y, мм	Наклон по оси X, град.	Наклон по оси Y, град.
1	0.2	0.2	0.02	0.02
2	0.05	0.05	0.01	0.01
3	0.05	0.05	0.01	0.01
4	0.05	0.05	0.005	0.005
5	0.2	0.2	0.1	0.1
6	0.2	0.2	0.05	0.05
7	–	–	–	–

Исходя из этих требований, была выбрана следующая конструктивная схема крепления оптических элементов: первые три крупные оптические детали объектива (поз. 1, 2, 3) размещаются в своих оправках, соединенных резьбовыми стержнями (поз. 10; см. рис. 1). Каждая из трех оправ при сборке юстируется и устанавливается с расчетной точностью одна относительно другой. Затем на этих оправках закрепляется наружный цилиндрический кожух – поз. 11, который обеспечивает радиальную жесткость конструкции. Четвертый оптический

Светосильный широкоугольный телескоп...

элемент – вторичное зеркало, нанесено на выпуклую поверхность второй линзы. Пятый и шестой элементы – линзы корректора, расположены в отверстии главного зеркала, и их оправа интегрирована с оправой главного зеркала. Все оптические детали, кроме главного зеркала, крепятся в оправе с помощью пружинных планок (Панов и др., 1980), что позволило сделать конструкцию оправ более компактной и, соответственно, менее металлоемкой. Главное зеркало крепится на втулке резьбовым кольцом с последующей фиксацией стопорными винтами.

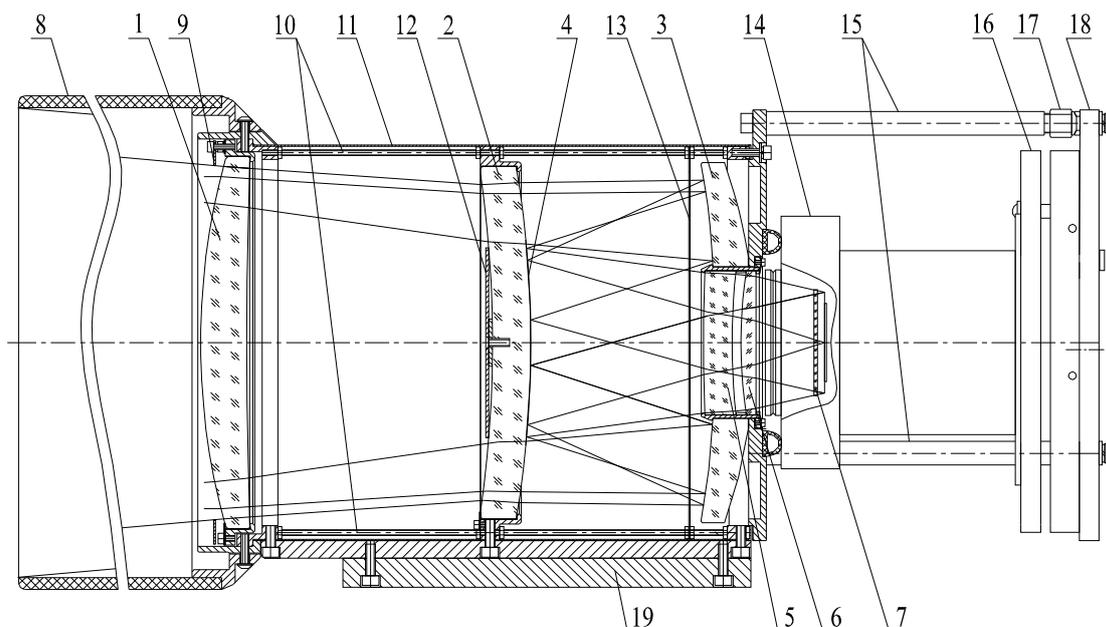


Рис. 1. Конструкция телескопа VT-52с.

1 – первая линза, 2 – вторая линза, 3 – главное зеркало, 4 – вторичное зеркало, 5, 6 – линзы корректора, 7 – защитное окно, 8 – бленда-противоросник, 9, 12, 13 – диафрагмы, 10 – стержни резьбовые, 11 – кожух объектива, 14 – ПЗС-камера FLI ML, 15 – стойки дистанционные, 16 – цифровой фокусер FLI PDF, 17 – гайка юстировочная, 18 – пластина, 19 – планка монтировки

Окончательная юстировка телескопа производится наклоном первой линзы поз. 1 и главного зеркала поз. 3 с помощью соответствующих юстировочных винтов.

Материал оправ, резьбовых стержней и кожуха трубы телескопа – сталь; таким образом, мы получаем конструкцию, свободную от температурных деформаций и имеющую температурные зазоры между оптическими элементами и оправами меньше допусков на децентрировку. Все это гарантирует стабильно высокое качество изображения.

Для защиты от рассеянного света в телескопе установлены кольцевые диафрагмы, поз. 9, 12, 13, позволяющие повысить контраст изображения.

Бленда-противоросник (поз. 8) является важным конструктивным элементом телескопа (Михельсон, 1976). Она несет несколько функций:

- устранение паразитного света на детекторе, что обеспечивается расчетом диаметра и длины бленды;
- защита первой оптической поверхности объектива от выпадения росы (зависит как от габаритных размеров бленды, так и от теплопроводности материала, из которого она изготовлена).

Для бленды-противоросника был выбран полимерный материал ПВХ (снаружи гладкий, внутри – пористый), имеющий достаточно низкую теплопроводность. Таким образом, воздух, находящийся внутри бленды, остывает медленнее наружного и препятствует выпадению росы. Впоследствии эксплуатация телескопа показала эффективность такого конструктивного решения по сравнению с металлической блендой.

Возможность установки бленды в транспортное положение реализована путем ее поворота на 180°. При этом длина телескопа уменьшается на 40 %.



Рис. 2. Общий вид телескопа VT-52c на монтировке

Одна из особенностей светосильных оптических систем – их малый задний отрезок. В это пространство обычно помещают фокусирующее устройство и, при необходимости, турель со светофильтрами. В связи с этим возникает трудность размещения приемной аппаратуры. К тому же современные ПЗС-камеры, используемые в астрономии, имеют достаточно большое расстояние от плоскости установки камеры до ее матрицы. Все эти обстоятельства потребовали нестандартного решения, предложенного В.В. Румянцевым и В.В. Бирюковым, а именно – крепления ПЗС-камеры за ее тыльную сторону. Камера FLI ML с цифровым фокусером FLI PDF закреплены на пластине, которая соединена с корпусом телескопа посредством трех дистанционных стоек с юстировочными гайками. Такая конструкция подвеса ПЗС-камеры позволяет точно отъюстировать ее положение относительно плоскости изображения. Точность фокусировки, которую обеспечивает цифровой фокусер FLI PDF – 1.3 мкм.

На рис. 2 телескоп VT-52c на монтировке в павильоне. ПЗС-камера с цифровым фокусером закрыта пылезащитным чехлом. Телескоп крепится к монтировке через пластину, имеющую форму “ласточкиного хвоста”. Эта пластина при необходимости может быть заменена на любую другую.

4 Заключение

В Крымской астрофизической обсерватории разработан и изготовлен светосильный широкоугольный телескоп, открывающий новые возможности для решения на высоком уровне современных астрономических задач.

На территории КрАО на базе VT-52с созданы два полностью автоматизированных телескопа Peerhole-2 для мониторинга техногенного засорения околоземного пространства. С 2012 г. на них начаты регулярные обзоры геостационарной и высокоэллиптической области, которые продемонстрировали высокую эффективность (Молотов и др., 2013). Наблюдения проводились в рамках темы “Радиоастрономические исследования источников космического излучения и околоземного пространства”.

Автор выражает благодарность В.В. Румянцеву за полезные обсуждения в процессе разработки конструкции телескопа.

Литература

- Михельсон Н.Н. // Оптические телескопы. Теория и конструкция. М.: Наука. 1976.
- Молотов и др. (Molotov I., Agapov V., Rumyantsev V., Kokina T., Zalles R., et al.) // ISON dedicated survey instruments development. Proceedings of the 64th International Astronautical Congress. Beijing, China. 23–27 September 2013.
- Панов В.А., Кругер М.Я., Кулагин В.В. и др. // Справочник конструктора оптико-механических приборов. Л.: Машиностроение. 1980.
- Теребиж В.Ю. (Terebizh V.Yu.) // Astron. Nachr. 2011. V. 332. N. 7. P. 714.