

Цуй Тун, аспирант Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ТЕЛЕСКОПОВ

В 1608 году греческий изобретатель Ханс Липбер (Hans Lippershey) создал первый телескоп. Затем последовали рефрактор-телескоп, телескоп-рефлектор и телескоп зеркально-линзовый последующего поколения. Бернхард Шмидт в 1938 году впервые воспроизвел первую часть зеркально-линзового телескопа, а также систему зеркально-линзовых телескопов для облегчения коррекции внеосевых аберраций. Добавляя в качестве основы для сферического зеркала соответствующие рефракционные элементы для исправления сферической аберрации, ученый получил хорошее оптическое качество. В данной статье рассматривается структура телескопа, чтобы прояснить оптический структурный принцип, а также чтобы объяснить, почему для системы экологического мобильного многоволнового лидарного комплекса дальнего действия (ЭМЛКДЦ) выбран зеркально-линзовый телескоп.

Ключевые слова: *рефрактор-телескоп, телескоп-рефлектор, телескоп зеркально-линзовый, коррекции внеосевых аберраций, сферическое зеркало, экологический мобильный многоволновый лидарный комплекс дальнего действия (ЭМЛКДЦ).*

TO THE QUESTION OF JUSTIFICATION OF RELIABILITY OF OPTICAL TELESCOPES

In 1608 Hans Lippershey invented the first telescope, which was followed by a refractive telescope. The reflective telescope and catadioptric telescope are new generation. In 1938 catadioptric telescope first went into production by Bernhard Schmidt. The system of catadioptric telescope was used to correct aberrations of off-axis. With spherical mirrors as the base, adding an appropriate refractive part to correct spherical aberrations to obtain good optical quality. This article discusses the structure of these telescopes, to clarify their optical principle, and to explain the system environmental mobile multiwave lidar complex of distant action (MMLCLR) of catadioptric telescope.

Keyword : *refractive telescope, reflective telescope, catadioptric telescope, correction Vaseva aberration, spherical mirror, MMLCLR.*

В статье рассмотрены телескопы трех основных видов [1-4]:

- рефракторы (телескоп, имеющий только линзы)
- рефлекторы (телескоп, имеющий только зеркала)
- зеркально-линзовые (содержащие как линзы, так и зеркала).

Достоинством линзовых телескопов является возможность больших угловых полей. Основной их недостаток - невозможность изготовления высококачественных объективов большого диаметра из-за резкого возрастания габаритов, массы и сложности изготовления. Поэтому для линзовых объективов ограничиваются диаметрами 250 мм.

Зеркальные системы в отличие от линзовых могут работать в областях спектра, где использование линзовых систем принципиально невозможно, либо затруднено из-за отсутствия материалов с пренебрежимо низким коэффициентом поглощения в данной области оптических материалов.

К преимуществам зеркальных систем относится высокая светосила, высокий коэффициент светопропускания и разрешающая способность, отсутствие хроматических аберраций у зеркал, что наиболее важно при построении многоволновых лидарных комплексов (МЛК). При сравнительно несложной конструкции зеркальных систем можно получить достаточно совершенную коррекцию сферической аберрации.

Чисто зеркальные системы не содержат преломляющих поверхностей и поэтому удобны для использования в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра. Кроме того, при одних и тех же значениях фокусных расстояний продольные габариты системы меньше, чем у линзовых систем. Это позволяет сделать систему компактной и удобно разместить оптические элементы конструкции. Требования к стеклу, из которого может быть изготовлена подложка для зеркал (подложка может быть и металлической), значительно ниже, чем требования к стеклу, предъявляемые для изготовления линзовых систем.

Основные недостатки зеркальных систем:

- сложность изготовления и контроля асферических поверхностей зеркал;
- сложность юстировки зеркальных систем;
- экранирование (зрочок имеет кольцевую форму), вызывающее перераспределение освещенности в дифракционном изображении точки. Кроме того, зеркальные системы, как правило, имеют большую кому, что уменьшает полезное поле системы [4,5].

Исходя из основного критерия - спектрального диапазона работы МЛК оптимальным типом телескопа с позиций надёжности функционирования в данном случае является зеркальный телескоп – рефлектор, отражающие поверхности которого не вносят хроматических аберраций в многодлинноволновом МЛК [5,6].

Зеркальные рефлекторы классифицируются по количеству зеркал, меняющих сходимость пучка лучей в телескопе.

Развитие целого ряда отраслей показывает, что с решением многих задач однозеркальные системы не справляются. У однозеркальных антенн мало степеней свободы: все возможности ограничены изменением формы зеркала, а также изменением в весьма небольших пределах диаграммы направленности облучателя [3,4].

По сравнению с однозеркальными двухзеркальные позволяют существенно улучшить параметры при сравнительной простоте конструктивных решений и удобстве сопряжения с приемными и передающими устройствами. По мере развития многозеркальных антенн выявились их возможности обеспечивать более рациональное и надёжное управление лучом в пространстве путем перемещения отдельных элементов устройства [4,6].

Основные достоинства и недостатки однозеркальных и двухзеркальных телескопов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика телескопов

Схема	Достоинства	Недостатки
<i>Однозеркальные рефлекторы</i>		
Схема главного фокуса	-используется одно выгнутое зеркало для изменения сходимости пучка лучей; -если зеркало параболическое, то изображение свободно от сферической аберрации.	-светоприемник находится в фокусе главного зеркала и экранирует последнее; -конструктивная сложность размещения приемника.
Схема Ньютона с плоским зеркалом	-наличие одного зеркала меняющего сходимость пучка лучей; -возможность отвода пучка лучей от оптической оси телескопа; -удобство монтажа приемника.	-повышенные требования к точности изготовления плоского зеркала; -экранирование главного зеркала плоским зеркалом растёт с увеличением выноса фокальной плоскости в сторону; -необходимость балансировки телескопа.

Схема Ньютона с призмой	<ul style="list-style-type: none"> -возможность отвода пучка лучей от оптической оси телескопа; -удобство монтажа приемника; -призма обладает хроматической аберрацией, что можно использовать при работе телескопа на нескольких длинах волн (аналогия оптического фильтра); -призма, по сравнению с плоским зеркалом, не нуждается в периодическом обслуживании. 	<ul style="list-style-type: none"> -увеличение экранирования по сравнению с использованием плоского зеркала; -призма приводит к сферической аберрации; -требования к изготовлению призмы выше, чем плоского зеркала; -необходимость балансировки телескопа.
Схема кольцевого телескопа	<ul style="list-style-type: none"> -при заданном относительном отверстии телескоп имеет меньшую длину; -наличие одного зеркала меняющего сходимость пучка лучей; -удобство монтажа приемника; -отсутствие необходимости балансировки телескопа; 	<ul style="list-style-type: none"> -увеличение экранирования до 50% и более при выводе фокальной плоскости за главное зеркало; -необходимость введения приемника в трубу телескопа для уменьшения экранирования, при ограничении размеров приемника;
Система Ломоносова – Гершеля	<ul style="list-style-type: none"> -можно создать систему не имеющую экранирующих элементов; -кома и астигматизм на оптической оси равны нулю, но быстро возрастают при удалении от нее; 	<ul style="list-style-type: none"> -увеличение габаритных размеров; -сложности в изготовлении.
<i>Двухзеркальные рефлекторы. Предфокальные системы.</i>		
Афокальная схема Мерсена	<ul style="list-style-type: none"> -параллельный выходной пучок лучей, что дает возможность варьировать установку приемника по оптической оси; -отсутствие необходимости балансировки телескопа. 	<ul style="list-style-type: none"> -точность установки вторичного зеркала в трубе телескопа; -ограничения на размер осевого отверстия в главном зеркале.
Удлиняющая схема Кассегрена	<ul style="list-style-type: none"> -вынесение эквивалентного фокуса схемы за главное зеркало, что упрощает монтаж приемника; -возможность уменьшения экранирования, при увеличении фокуса главного зеркала; -отсутствие необходимости балансировки телескопа. 	<ul style="list-style-type: none"> -точность крепления вторичного зеркала в трубе телескопа.
Удлиняющие схемы Несмита и Куде	<ul style="list-style-type: none"> -имеют все достоинства схемы Кассегрена; -удобство вывода излучения через боковую стену телескопа. 	<ul style="list-style-type: none"> -аналогичны недостаткам схемы Кассегрена; -дополнительные зеркала вносят потери.
Укорачивающие схемы	<ul style="list-style-type: none"> -уменьшение эквивалентного фокуса системы. 	<ul style="list-style-type: none"> -необходимость внесения приемника в трубу телескопа.
<i>Двухзеркальные рефлекторы. Зафокальные системы.</i>		
Зафокальная афокальная схема Мерсена	<ul style="list-style-type: none"> -имеют все достоинства предфокальной схемы Мерсена; 	<ul style="list-style-type: none"> -аналогичны недостаткам предфокальной схемы Мерсена; -переворачивает изображение.
Удлиняющая схема Грегори	<ul style="list-style-type: none"> -имеют все достоинства схемы Кассегрена; 	<ul style="list-style-type: none"> -аналогичны недостаткам схемы Кассегрена; -переворачивает изображение.

При выборе в качестве критерия - «длина оптической схемы», и с учетом требований к надежности МЛК, наиболее рациональным выбором для исследуемых МЛК представляется двухзеркальная афокальная телескопическая система, выполненная по схеме Мерсена.

Литература

1. Клевцов Ю.А. "Новый серийный телескоп для любителей астрономии", Звездочет, N 10, 1999 г.,
2. Современный телескоп / О.А. Мельников, Г.Г. Слюсарев, А.В. Марков, Н.Ф. Купревич — М., Наука, 1968
3. ДВУХЗЕРКАЛЬНЫЕ АПЛАНАТЫ ШВАРЦШИЛЬДА ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ/ В. Ю. Тербиж. Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва. Письма в астрономический журнал, 2005, том 31, № 2, с. 143–153
4. Н.Н.Михельсон Оптические телескопы. Теория и конструкция.
5. Страхов, С.Ю. Масштабы фазовой аберрации активного элемента и пути управления оптическим качеством излучения в лазерах на неодимовом стекле: Дис... канд.физ.-мат. Н./ С.Ю.Страхов. СПЮ., 1999. 186 с.
6. Проектирование и надежность лазерных комплексов специального назначения/ А. В. Белов [и др.]; под ред. А. С. Борейшо; М-во образования и науки Российской Федерации, Балтийский гос. технический ун-т "Военмех". - Санкт-Петербург : БГТУ, 2014. - 347 с.