

## Оптическая схема БКП для проекта «Спектр-УФ»

Н.Ф. Ерхова<sup>1</sup>, Е.Н. Сечак<sup>2</sup>, В.Е. Шмагин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Ленинский проспект 53, Москва, Россия, 119991

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО, Кронверкский пр. 49, Санкт-Петербург, Россия, 197101

<sup>3</sup>Институт астрономии РАН, Пятницкая 48, Москва, Россия, 119017

### Аннотация

Исследован блок камер поля, предназначенного для получения изображений космических объектов с высоким разрешением в УФ-диапазоне для проекта «Спектр-УФ». Проведен выбор оптической схемы блока камер поля. Дана оценка влияния дефектов изготовления и сборки.

### Ключевые слова

Ультрафиолетовый диапазон, качество изображения, оптическая схема

## 1. Введение

Целью проекта «Спектр-УФ» является создание космической обсерватории для проведения наблюдений в дальнем и ближнем УФ-диапазонах электромагнитного спектра (115–310 нм)[1]. Основными научными инструментами космического аппарата являются телескоп Т-170М, блок спектрографов (БС), и блок камер поля (БКП).

Телескоп Т-170М совместно с БКП должен вести исследования в актуальных научных областях, таких как механизмы образования и эволюция галактик, физика аккреции и истечения, атмосферы экзопланет и астрохимия в присутствии сильного УФ-излучения [2].

Вопрос получения изображений с высоким разрешением является одной из ключевых задач БКП. В связи с этим проведен анализ возможных исполнений оптической схемы БКП, анализ качества изображения, даваемого системой телескоп и БКП, а также дана оценка допустимых погрешностей изготовления и сборки БКП.

## 2. Основные характеристики блока камер поля

БКП предназначен для получения высококачественных прямых снимков космических объектов в УФ-диапазоне с использованием светофильтров. БКП включает два канала для работы в ближнем ультрафиолетовом диапазоне (БУФ) и вакуумном ультрафиолетовом диапазоне (ВУФ). Канал БУФ оснащен ПЗС-приемником, чувствительным к диапазону 174-1000 нм. Канал ВУФ оснащен МКП-приемником, чувствительным в диапазоне 115-176 нм [3].

Канал БУФ обладает значительным полем зрения по сравнению с подобными системами, и располагается в центре поля зрения телескопа Т-170М, и не требует дополнительной оптики для коррекции полевых аберраций. В состав канала входят 15 сменных фильтров и плоское зеркало для обеспечения фокусировки на детекторе и уменьшения габаритов БКП. В случае канала ВУФ для достижения необходимых параметров необходима более сложная схема.

## 3. Выбор оптической схемы канала ВУФ БКП

Для обеспечения требований по пространственному разрешению в канале ВУФ необходима оптическая система, удлиняющая фокусное расстояние телескопа, и корректирующая его полевые аберрации. Были рассмотрены различные варианты оптических схем. Предпочтительным вариантом оказалась схема, представленная на рисунке 1, состоящая из плоского, сферического и асферического зеркал, а также набора светофильтров. В выбранном спектральном диапазоне весьма серьезное влияние на качество изображения оказывает

поперечная хроматическая aberrация, возникающая на фильтрах и входном окне, в связи с чем в качестве формы спектральных фильтров выбрана выпукло-вогнутая линза (мениск).

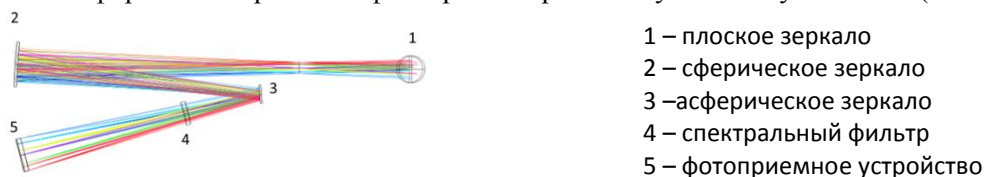


Рисунок 1: Оптическая схема канала ВУФ БКП

#### 4. Оценка качества изображения

Путем оптимизации было достигнуто дифракционное качество изображения, пятна рассеяния, незначительно превышающие размер диска Эйри. В канале ВУФ пятна рассеяния имеют схожую форму и размер по всему полю, что облегчает обработку изображений.

Концентрация энергии в изображении точечного объекта в круге диаметром 10 мкм (размер элемента ФПУ) составляет 55%. Если бы система была строго дифракционного качества, то концентрация энергии составляла бы 59%. Таким образом, качество изображения в данном канале является близким к дифракционному.

#### 5. Расчет допусков

Для определения бюджета допусков необходим критерий оценки качества изображения, позволяющий суммировать влияние различных видов ошибок. Таким критерием является среднеквадратическая ошибка волнового фронта ( $СКО_{ВФ}$ ). Для определения допустимой величины  $СКО_{ВФ}$  была составлена модель, содержащая телескоп Т-170М с учетом экранирования модулем вторичного зеркала со спайдерами, включающая в себя погрешности изготовления поверхностей зеркал телескопа. В результате моделирования 1000000 систем со случайной ошибкой формы волнового фронта было получено допустимое  $СКО_{ВФ}$  равное  $\lambda/5$  на рабочей длине волны 0,115 мкм.

В результате моделирования влияния ошибок изготовления и сборки были получены значения допусков на изготовление и позиционирование оптических элементов.

#### 6. Заключение

Рассмотрены различные варианты построения оптических схем. Проведена оценка качества изображения и рассчитаны допуски на изготовление и позиционирование оптических элементов в схеме блока камер поля.

#### 7. Литература

- [1] Сичевский, С.Г. Блок камер поля проекта "СПЕКТР-УФ" / С.Г. Сичевский, Б.М. Шустов, М.Е. Сачков, А.С. Шугаров, И.С. Саванов, Е.Н. Канев // Научные труды института астрономии РАН. – 2018. – Т. 1. – С. 377-382.
- [2] Канев, Е.Н. Научные Задачи Блока Камер Поля Проекта "СПЕКТР-УФ" / Е.Н. Канев, Б.М. Шустов // Научные труды института астрономии РАН. – 2018. – Т. 1. – С. 383-388.
- [3] Сачков, М.Е. Блок камер поля проекта "СПЕКТР-УФ": обновленный дизайн и научные задачи / М.Е. Сачков, С.Г. Сичевский, Б.М. Шустов, Е.Н. Канев, А.С. Шугаров // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. – 2018. – № 3(41). – С. 31-36.