

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ И ПОЗИЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СПЕКТРОГРАФОВ ФОКУСА НЭСМИТ-2 БТА

В. Е. Панчук, М. В. Юшкин, Э. В. Емельянов, Г. С. Жуклевич  
*Специальная астрофизическая обсерватория РАН*

С целью изучения нестабильности спектрографа был проведен температурный и позиционный мониторинг кварцевого эшелле-спектрографа НЭС, расположенного на платформе фокусе Нэсмит-2 6-метрового телескопа БТА. На протяжении чуть более двух суток получено три серии экспозиций лампы спектра сравнения. В каждой серии экспозиций с интервалом 15 мин регистрировался спектр лампы сравнения и записывались показания температурных датчиков, установленных на периферии НЭС. Проведен корреляционный анализ полученных данных. По совокупности результатов сделаны выводы, что основной причиной нестабильности спектрографа НЭС является тепловая деформация предщелевой части.

## TEMPERATURE AND POSITION CONTROL OF SPECTROGRAPHS IN NASMYTH-2 BTA

V. E. Panchuk, M. V. Yushkin, E. V. Emelianov, G. S. Zhuklevich  
*Special Astrophysical Observatory RAS*

In order to study the instability of the spectrograph, temperature and positional monitoring of the quartz echelle spectrograph NES, located on the Nasmyth-2 focus platform of the 6-meter BTA telescope, was carried out. Over the course of just over two days, three series of exposures of the comparison spectrum lamp were obtained. In each series of exposures, the spectrum of the comparison lamp was recorded at intervals of 15 minutes and the readings of temperature sensors installed on the periphery of the NES were recorded. A correlation analysis of the obtained data was carried out. Based on the totality of the results, it was concluded that the main reason for the instability of the NES spectrograph is the thermal deformation of the pre-slit part.

## Введение

Эксплуатация аппаратуры высокого спектрального разрешения на БТА всегда проходила под знаком борьбы с температурными нестабильностями. Однако связь изменений температуры и сдвигов спектральных линий в большинстве случаев декларировалась. В данной работе впервые на БТА проведены исследования, где регистрация спектра и температуры выполнена автоматически, без присутствия посторонних источников теплового излучения.

## Описание методики

Для изучения причин нестабильностей разработана методика температурного мониторинга и усовершенствованы алгоритмы анализа спектров. На кварцевом эшелле-спектрографе НЭС и в его окрестностях установлено семь датчиков температуры (три датчика измеряют температуру воздуха, а четыре закреплены на металлоконструкции спектрографа). Каждые 15 мин выполняется опрос этих датчиков. Кроме того, используется информация о температуре под куполом телескопа БТА и вне купола.

Было проведено несколько серий экспозиций спектра сравнения (лампа с ториевым катодом и аргоновым наполнением) как при неподвижном телескопе, так и в процессе работы телескопа с другой спектральной аппаратурой. Двумерные изображения спектров были обработаны при помощи оригинальных программ выделения одномерных спектральных порядков [1]. Для выявления относительных сдвигов спектра совместная обработка этих порядков выполнена методом кросс-корреляции. Кроме того, проведены сопоставления значений температур, измеренных в разных точках спектрографа и окружающего пространства.

## Основные результаты

Тепловой мониторинг показал, что металлоконструкция входа в НЭС на 0.3–0.4 °С теплее других элементов. Затем выделяется кривая температуры камеры, в течение третьей серии при остывании всей конструкции спектрографа падение температуры камеры запаздывало примерно на 2 ч. В целом разброс температуры в различных точках спектрографа невелик и может быть еще понижен при доработке конструкции теплозащиты. Температура внутри спектрографа за двое суток изменилась примерно на 2.5 °С, в то время как температура в подкупольном пространстве изменилась на 9 °С. В объеме ОЗСП наблюдается устойчивый отрицательный температурный градиент. Предельный перепад дал смещение в 10 мкм. Из-за чего можно охарактеризовать основные результаты следующим образом.

Температурный и позиционный анализ спектрографа НЭС показал, что:

1. Внутри спектрографа температура довольно высоко скоррелирована.
2. Показания датчиков температуры воздуха и расположенного на металле в щелевом отсеке также имеют довольно высокую корреляцию, хотя и наблюдается небольшое запаздывание около одного часа.
3. Наблюдается запаздывание температуры на первом этаже опоры относительно температуры третьего этажа (около трех часов). По-видимому, фиксируем эффект последовательного остывания объема опоры, сверху вниз.
4. Корреляция температур на первом и третьем этажах опоры фокуса Нэсмит-2 с температурами внутри спектрографа НЭС несколько ниже, что может объясняться подогревом первого этажа опоры гидравлической системой азимутальной опоры и азимутального привода телескопа (это, видимо, и отражается на скачках температуры на первом этаже опоры)

## Выводы

Для изучения причин нестабильности спектрографа НЭС проведен температурный и позиционный мониторинг. В течение примерно двух суток получено три серии экспозиций спектра сравнения. В каждой серии экспозиций с интервалом в 15 мин регистрировался спектр ThAg-лампы и записывались показания термодатчиков, установленных на металлоконструкциях спектрографа НЭС, в различных помещениях опоры телескопа, в подкупольном пространстве и за пределами башни телескопа. Проведен корреляционный анализ полученных данных. По совокупности результатов можно сделать следующие выводы:

1. При минимальной теплоизоляции (спектрограф НЭС закрыт металлическим кожухом) температура различных узлов спектрографа, а также температура воздуха внутри спектрографа хорошо скоррелирована, имеет небольшой разброс и изменяется

плавно даже при резких скачках температуры в подкупольном пространстве. За время эксперимента температура узлов спектрографа изменилась на  $2.5^{\circ}\text{C}$ , в то время как температура в подкупольном пространстве изменилась на  $9^{\circ}\text{C}$ . Максимальная обнаруженная скорость изменения температуры внутри спектрографа составляет  $0.5^{\circ}\text{C}$  за час при максимальной скорости изменения температуры в подкупольном пространстве  $6^{\circ}\text{C}$  за час.

2. Температура входной щели спектрографа НЭС всегда выше (на  $0.3\text{--}0.4^{\circ}\text{C}$ ) температуры остальных оптико-механических элементов спектрографа. По-видимому, это связано с притоком тепла с нижних этажей опоры телескопа через оптический тракт спектрографа ОЗСП. В течение всего эксперимента наблюдался отрицательный градиент температуры в объеме спектрографа ОЗСП (нижние этажи теплее).
3. Амплитуда смещений спектральных линий в течение всего эксперимента не превышает  $10\text{ мкм}$ , что резко отличается от результатов, полученных в работе [2]. Заметное улучшение позиционной стабильности спектрографа НЭС (в  $3\text{--}4$  раза) связано с усовершенствованием конструкции щелевой части спектрографа.
4. Не обнаружено явной зависимости величины смещения спектральных линий от температуры элементов спектрографа или воздуха внутри спектрографа и в подкупольном пространстве. Показано, что заметное влияние колебаний температуры на позиционные характеристики спектрографа НЭС проявляется при скорости изменения температуры более  $0.3^{\circ}\text{C}$  за час.
5. В первой серии экспозиций обнаружены колебания температуры в подкупольном пространстве и на первом этаже опоры телескопа, обнаружена антикорреляция этих температур с коэффициентом  $-0.8$ . Изменение температуры на первом этаже опоры телескопа опережает на  $5$  мин подкупольное пространство, что связано с различием объемов этих двух помещений. Подобное поведение температуры, по-видимому, связано с тепловыми потоками внутри башни телескопа через открытые двери между помещениями с различной температурой, при работающей вентиляции подкупольного пространства. Отметим, что подобные колебания наблюдались в рабочее время. В выходные дни колебаний температуры в подкупольном пространстве не наблюдалось, вентиляция большую часть времени была выключена.
6. Также в первой серии экспозиций обнаружена корреляция смещений спектральных линий и температуры в подкупольном пространстве. Коэффициент корреляции  $0.7$ , смещение линий запаздывает на  $15$  мин. Принимая во внимание предыдущий пункт, можно сделать вывод, что основной причиной нестабильности спектрографа, по-видимому, является предщелевая часть, наиболее подверженная воздействию выноса с нижних этажей опоры телескопа тепла.
7. Учитывая величину смещения спектральных линий, можно сделать вывод, что основной причиной нестабильности спектрографа НЭС является блуждание пучка света от лампы спектра сравнения из-за тепловой деформации предщелевой части спектрографа.

Численные оценки показывают [3], что основным источником нестабильностей дифракционного спектрографа должны быть температурные изменения постоянной решетки (т. е. изменения расстояния между штрихами). Однако переход от этих оценок к результатам измерений, выполненных на реальной оптико-механической конструкции, представляется сегодня затруднительным. Полученные выводы могут быть использованы как для совершенствования конструкций существующих спектрографов БТА, так и при разработке концепции спектрографа нового поколения [4].

## Библиографические ссылки

- [1] *Юшкин М. В., Клочкова В. Г.* Комплекс программ обработки эшелле-спектров: препринт САО. — 2004. — № 206.
- [2] *Панчук В. Е., Пискунов Н. Е., Клочкова В. Г. и др.* Спектральный комплекс фокуса Нэсмита 6-метрового телескопа БТА // Эшелле-спектрограф с большим диаметром коллимированного пучка: препринт САО. — 1999. — № 135.
- [3] *Панчук В. Е., Алиев А. Н., Клочкова В. Г., Юшкин М. В.* Методы определения лучевых скоростей звезд: препринт САО. — 2004. — № 192.
- [4] *Панчук В. Е., Клочкова В. Г., Юшкин М. В.* Спектроскопия звезд на БТА: проблемы развития // Методы спектроскопии в современной астрофизике / под ред. Л. Машонкиной, М. Сачкова. Янус-К, 2007. — С. 166.