

УДК 544.01.082

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИНФРАКРАСНОГО
СОЛНЕЧНОГО ТРЕКЕРА**А.Н. Грицута^{1,2}, А.П. Щербаков¹, Б.А. Воронин¹¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,
г. Томск²Томский политехнический университет
E-mail: alexgritsuta@gmail.com; molnija2@inbox.ru;
vba@iao.ru

Грицута Алексей Николаевич, аспирант кафедры точного приборостроения Института неразрушающего контроля ТПУ, ведущий инженер-конструктор Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН.

E-mail: lexgritsuta@gmail.com
Область научных интересов: оптические и оптоэлектронные системы.

Щербаков Анатолий Петрович, канд. тех. наук, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН.

E-mail: molnija2@inbox.ru
Область научных интересов: спектроскопия.

Воронин Борис Александрович, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН.

E-mail: vba@iao.ru
Область научных интересов: спектроскопия.

Разработан солнечный инфракрасный трекер для слежения за Солнцем. В трекере применена оригинальная механическая и электронная система, обеспечивающая непрерывное и равномерное слежение.

Ключевые слова:

Солнечный трекер, оптические приборы, спектроскопия.

Введение

В работе рассматривается задача сопровождения движущегося объекта, в данном случае Солнца, причем упор делается на электромеханическое обеспечение данной задачи. Подобные задачи встречаются во многих областях науки, таких как астрономия, астрофизика, слежение за воздушными целями и пр. Данная задача решается в рамках более сложной цели – регистрация Спектра солнечного излучения высокого разрешения прошедшего через атмосферу Земли.

В настоящий момент в Институте оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН используется комплекс ре-

гистрации, описанный ранее в работах [1, 2].

Спектральный комплекс (рис. 1) состоит из солнечной следящей системы, работающей в видимом диапазоне – солнечного трекера «А», разработанного в Институте более 10 лет назад, Фурье-спектрометра Bruker IFS 125M «Б» с разрешением $0,008 \text{ см}^{-1}$, входной оптики (1, 2), блоков регистрации, обработки и хранения результатов. Апертура интерферометра 6,3 см для параллельного излучения, имеется вход для приема излучения точечного источника. При различных комбинациях светоделителя и приемника можно проводить измерения в области от 800 до 40000 см^{-1} . Имеющийся солнечный трекер с самонаводящейся тепловой головкой позволяет регистрацию солнечных спектров только в диапазоне $8000 \dots 25000 \text{ см}^{-1}$ или при применении жидкого азота от 4000 до 15000 см^{-1} . Наиболее же интересные частоты в области $2000 \dots 3500 \text{ см}^{-1}$ остаются недоступными. Кроме того, применение в конструкции устройства оптоволоконного кабеля (3) хоть и упрощает введение сигнала в Фурье-спектрометр, но приводит к искажению фазы, что сильно ухудшает качество регистрируемого спектра.

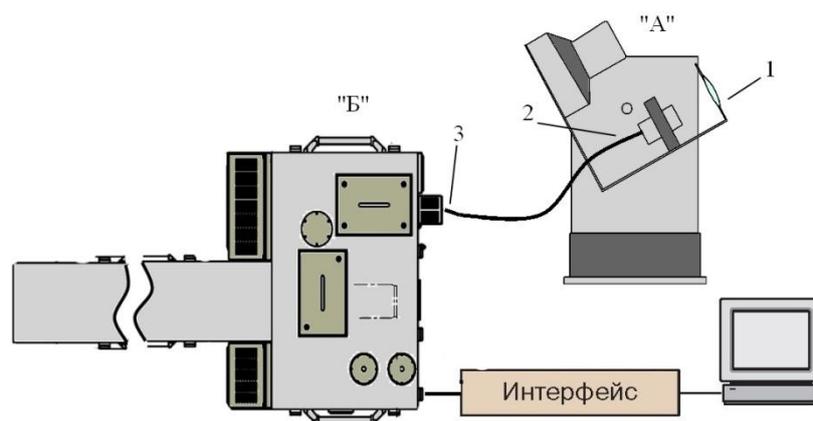


Рис. 1. Спектральный комплекс для измерения солнечного излучения

Таким образом, был поставлен вопрос о необходимости покупки или создания зеркального трекера. Существующий на рынке солнечный зеркальный трекер фирмы BRUKER имеет стоимость более 100 тыс. Евро, что является в настоящих условиях неприемлемой ценой. Поэтому была начата разработка собственного трекера, оптимизированного для местных условий и существующей оптической схемы.

Механическая и оптическая часть

Солнечный трекер представляет собой систему из 3-х зеркал с двумя степенями свободы. Два зеркала, расположенные на подвижных осях, обеспечивают охват всей верхней полушеры с разрешением по горизонтальной и вертикальной координатам $0,0016^\circ$.

Передача вращения осуществляется через резинокордовый зубчатый ремень, что позволяет избавиться от лишних люфтов в передаче. Вращение зеркал осуществляется на полых осях с внутренним проходным диаметром 90 мм. Каждая ось закреплена в двух радиальных подшипниках. Третье неподвижное зеркало служит для направления солнечного излучения к спектрометру.

Зеркала крепятся к основаниям при помощи прижимов, снизу зеркала имеют эластичную подкладку для компенсации температурных напряжений. Регулировка положения зеркал осуществляется с помощью трех регулировочных винтов и двух прижимных пружин.

Использование зеркальной оптики позволяет эффективно использовать его как в инфракрасном (ИК), так и в видимом и ультрафиолетовом УФ диапазонах спектра.

Ограничения поворота осей осуществляется с помощью оптических концевых датчиков. На трекере установлены два блока управления двигателями и сетевая плата. Устройство питания и управления трекера расположены отдельно.

Механизмы, электроника и оптические элементы прибора защищены кожухом. Трекер имеет конструкцию, позволяющую быстро убирать его в помещение и выносить обратно на улицу. Прибор может эксплуатироваться при температурах от -30 до $+50$ °С. В зависимости от качества оптических элементов трекер может передавать световой поток от дальнего ИК до дальнего УФ диапазона. В настоящей модели оптические элементы (линзы, зеркала) наиболее оптимально подобраны для ИК диапазона, в соответствии с контрактом. Трекер устанавливается на раму с направляющими, по которым он может перемещаться и фиксироваться прижимными болтами. Рама закреплена на стене с внешней стороны окна, через окно трекер устанавливается на раму и может по направляющим отодвигаться дальше или ближе по отношению к внешней стене здания.

Создание моделей и конструкторской документации осуществлялось с помощью программного обеспечения SolidWorks [3].

Общий схематический вид трекера без кожуха приведен на рис. 2, на рис. 3 и 4 приведены фотографии готового устройства. Технические данные приведены в таблице.

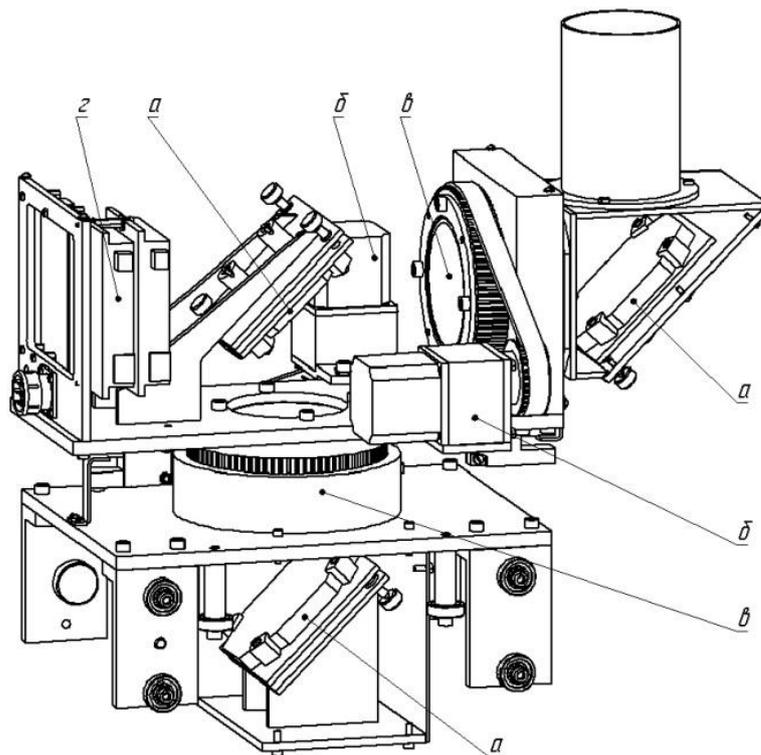


Рис. 2. Схематический вид трекера: а) зеркала; б) шаговые двигатели; в) полые оси вращения; г) стойка с электроаппаратурой



Рис. 3. Общий вид трекера в кожухе. В центре видна головка наведения с возможным углом поворота на 360°

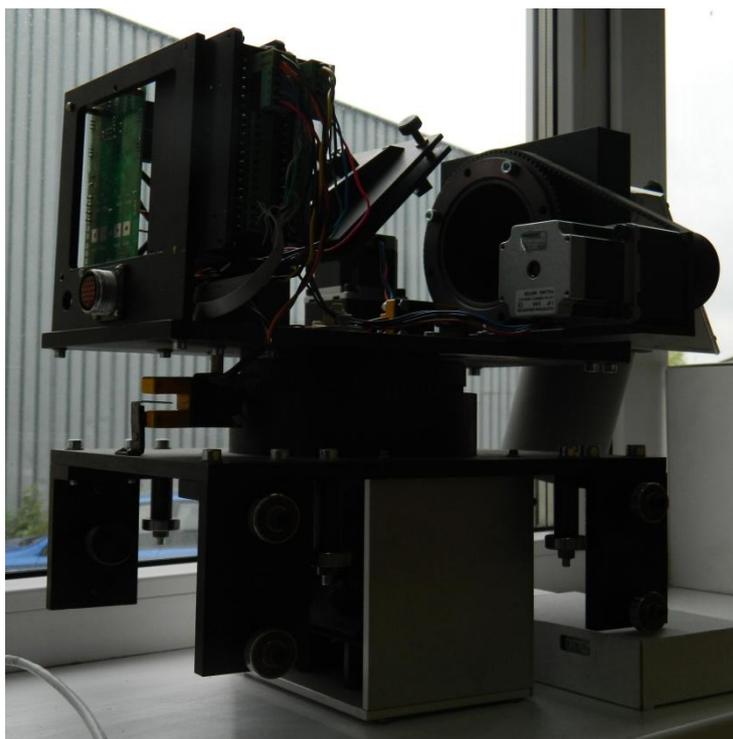


Рис. 4. Общий вид трекера без защитного кожуха. Справа – двигатель вертикальной развертки, слева – электронный блок

Таблица. Характеристики трекера

Вертикальный угол (градусы)	0...360
Горизонтальный угол (градусов)	0...360
Разрешение по вертикальной оси (градусов)	0,0016
Разрешение по горизонтальной оси (градусов)	0,0016
Максимальная скорость поворота в горизонтальной плоскости (гр/сек)	20
Максимальная скорость поворота в вертикальной плоскости (гр/сек)	16
Управление	интерфейс RS485
Масса, кг	~18
Питание, V	+5 и +12
Потребляемая мощность во время перемещения, Вт	~35

Управление производится через персональный компьютер, с помощью специально разработанной программы. Программа имеет современный дружественный интерфейс пользователя и позволяет производить настройку и калибровку системы координат прибора, слежение за объектом, т. е. движение по траектории астрономического положения солнца в зависимости от времени суток и локального часового пояса.

В настоящее время ИК-солнечный трекер прошел первую часть испытаний в лаборатории, подготовлена материальная часть для его выноса на улицу, где планируется проведение полевых испытаний. Разработка данного устройства была поставлена и сформулированная проф. Синицей Леонидом Никифоровичем (sln@asd.iao.ru).

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, программ РАН 3.9 и 22.5 и грантом Мин.Обр.Науки РФ (контракт 11.519.11.5009). Авторы выражают благодарность проф. Л.Н. Синице и сотрудникам Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН Ю.А. Матильяну, Ю.А. Поплавскому и В.И. Сердюкову за полезные консультации и помощь в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильченко С.С., Сердюков В.И., Сеница Л.Н. Спектральная система измерений газовых атмосферных компонентов с оптоволоконной следящей системой и некоторые результаты анализа атмосферных спектров // Оптика атмосферы и океана. – 2012. – Т. 25. – № 10. – С. 920–925.
2. Васильченко С.С., Воронин Б.А., Емельянов Д.С., Сердюков В.И., Сеница Л.Н., Половцева Е.Р., Насе Ф. Определение концентраций атмосферных газов на основе анализа Фурье-спектров поглощения солнечного излучения // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Труды XVII Междунар. симпозиума. – Томск, 2010. – Раздел А. – № А18. – С. А50–А53. URL: http://symp.iao.ru/pics/aoo17/conference_A.pdf (дата обращения: 01.02.2013).
3. Solidworks. 2013. URL: <http://www.solidworks.com> (дата обращения: 11.02.2013).

Поступила 14.02.2013 г.