



## ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ СО РАН (ИАиЭ СО РАН)

### Автоматизированная система управления солнечного телескопа оперативных прогнозов (АСУ СТОП)

АСУ СТОП предназначена для управления устройствами солнечного телескопа оперативных прогнозов. Основное назначение АСУ - полная автоматизация процесса получения данных для расчета магнитограммы диска Солнца за время не более 30 минут. Для этого в автоматическом режиме осуществляются: управление зеркалами телескопа, обеспечивающими часовое ведение и гидирование изображения солнца; перестройка оптической схемы измерений (ввод/вывод различных транспарантов); управление электрооптическим модулятором, получение и регистрация спектров.

Телескоп СТОП предназначен для получения количественных данных о крупномасштабных магнитных полях (КМП) Солнца. По своим функциональным характеристикам это стоксметр - магнитограф, который используя эффект Зеемана, позволяет регистрировать распределение параметров Стокса в выбранном участке длин волн оптического диапазона для элементов фотосферы Солнца с заданными гелиографическими координатами. Измерения в магнито-чувствительных спектральных линиях и последующие вычисления позволяют получать количественную информацию о параметрах магнитного поля Солнца.



Двухканальная целостатная установка телескопа СТОП,

#### Подсистемы АСУ СТОП выполняют следующие функции:

- полуавтоматическое наведение телескопа на Солнце по вычисленным для текущего времени координатам; часовое и тонкое гидирование Солнца;
- автоматическое определение направления оси вращения Солнца относительно входной щели спектрографа по измерениям координат суточной линии и вычисленному позиционному углу (при этом регистрируется траектория движения центра изображения относительно входной щели, когда выключено часовое ведение);
- позиционирование изображения в заданные координаты относительно щели и измерение текущих координат центра изображения относительно центра щели;
- фокусировку спектра, на основе определения контраста изображений спектра по текущим данным о распределении интенсивности вдоль дисперсии;
- калибровку измерительных оптико-электронных каналов спектрофотометра и координатометра способом, в котором плоское поле имитируется путем пошагового сдвига и регистрации изображений (полученные для каждого шага изображения, используются для вычисления относительных передаточных коэффициентов каждого пикселя);

- регулировку высокого напряжения при изменении температуры электро-оптического кристалла ЭК, исходя из показаний датчика и известной функциональной зависимости рабочего напряжения от температуры, либо из результатов прямых измерений коэффициента модуляции, с использованием калибровочных фильтров;
- регистрацию спектра с заданной или адаптивной выдержкой для одного кадра, с заданным количеством кадров в одном измерении и количеством измерений;
- автоматическую регистрацию спектров для заданных координат изображения Солнца по заданному алгоритму и последующие вычисления значений параметров Стокса и магнитного поля (получение магнитограмм).

В реализации аппаратно-программного комплекса АСУ СТОП есть принципиальные особенности. Все исполнительные и большинство измерительных устройств имеют встроенные контроллеры и подключены к управляющему компьютеру АСУ по дуплексным каналам связи RS-422. Используются однотипные шаговые двигатели, встроенные контроллеры которых позволяют определять текущее состояние приводов и задавать режимы работы с помощью пользовательских микропрограмм. Управление подсистемами телескопа производится с помощью многофункциональной платы ввода/вывода цифровых и аналоговых сигналов. Использование не только цифровых, но и аналоговых каналов связи в управлении двигателями, позволило обеспечить необходимое быстродействие подсистемы гидирования, в которой координата центра изображения солнца относительно щели спектрографа вычисляется по их совмещенному видеоизображению. Это видеоизображение, так же как и изображение получаемых телескопом спектров, доступно оператору. Управляющий компьютер снабжен тремя каналами связи GBE, к которым подключены ПЗС камеры координатометра, спектрографа и внешний канал Ethernet. Синхронизация работы различных электронных устройств СТОП решена на аппаратно-программном уровне.

Программные обеспечения (ПО) АСУ состоит из инструментального и прикладного пакета программ, которые позволяют управлять подсистемами СТОП как автономно, так и по заданному алгоритму наблюдения.

ПО разработано с использованием кросс платформенного инструментария QT.

Инструментальное ПО обеспечивает непосредственный доступ к контролю и управлению конечных устройств.

**Прикладное ПО дает возможность выполнять следующие операции:**

- отображение параметров текущего состояния систем телескопа, изображений спектра и Солнца;
- вычисление и отображение результатов измерений в квазиреальном масштабе времени;
- предварительная статистическая обработка и сжатие исходных данных;
- формирование и сохранение файлов данных;
- формирование заданий подсистемам управления;
- автоматическое выполнение процесса измерений;
- инициализация, тестирование и калибровка оборудования перед измерениями.

Интерактивное управление телескопом и контроль процесса наблюдений осуществляется с помощью графического многоканального интерфейса, окна которого соответствуют устройствам, системам и программам, различающимся по функциональному назначению.

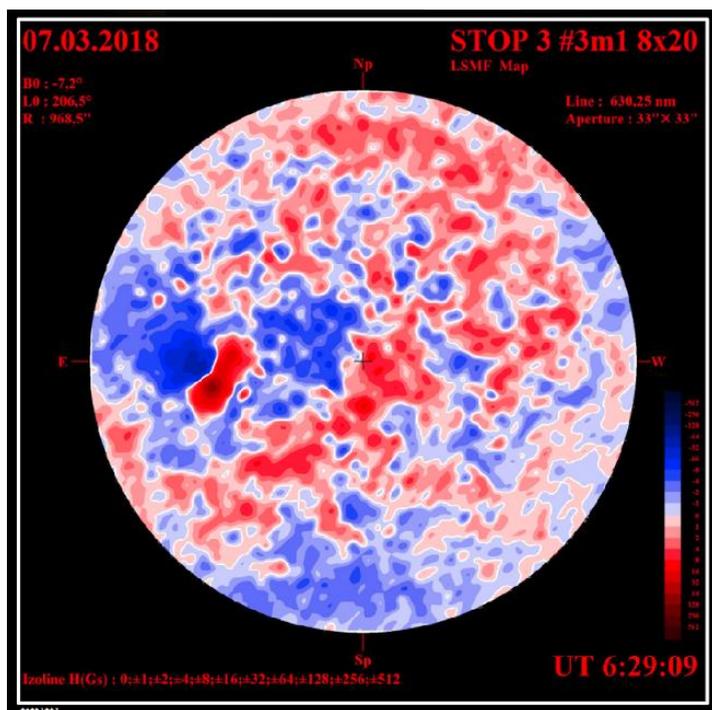
### **Технико-экономические преимущества**

Наблюдения магнитного поля Солнца на телескопах СТОП показали их высокую оперативность и точность: время получения магнитограммы продольной компоненты КМП при угловом разрешении 30 угл. сек. составляет 15 минут, среднеквадратичное отклонение определения нулевого уровня - не более  $\pm 0.1$  Гс.

### **Уровень практической реализации**

Три телескопа СТОП разработаны и изготовлены Институтом солнечно-земной физики СО РАН и Институтом автоматики и электрометрии СО РАН и установлены в трех обсерваториях России в рамках ФЦП «Геофизика». Телескопы предназначены для получения ежедневных данных о крупномасштабных магнитных полях на диске Солнца. Информативность и точность измерений напряженности магнитного поля является лучшим для подобных систем в мире.

Регулярные наблюдения на Кисловодской Горной астрономической Станции ГАО РАН начались в 2014 году.



Получаемые на телескопе магниграммы Солнца еженедельно публикуются в сети «Интернет» [http://www.solarstation.ru/sun-service/magnetic\\_field](http://www.solarstation.ru/sun-service/magnetic_field)

*Области применения:* архитектурные и технические решения АСУ СТОП могут быть использованы для автоматизированного управления сложными экспериментальными установками, включая системы позиционирования и гидирования телескопов, управление механическими и электрооптическими модуляторами, управление спектрографом и др.

*Патентная защита:*

1. Патент РФ на полезную модель № 120297 «Источник высокого знакопеременного напряжения, программируемого по амплитуде и частоте». Авторы: Лубков А.А., Перебейнос С.В., Зотов А.А., Котов В.Н., Лылов С.А.
2. Патент РФ на полезную модель № 172112 «Фотоэлектрическое устройство для системы гидирования солнечного телескопа». Авторы: Котов В.Н., Лубков А.А., Власов С.В.

*Коммерческие предложения:* договор на исследование, разработку, изготовление и поставку продукции.

Патентно-информационный отдел ИАиЭ СО РАН  
Тел. +7(383) 330-83-00; e-mail: [innovation@iae.nsk.su](mailto:innovation@iae.nsk.su)