

МОДУЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ НАБЛЮДЕНИЙ НА СТРАТОСФЕРНОМ ЛИДАРЕ

Н.Э. Сидоров^{1,2}, С.В. Титов^{1,2}

¹Институт космофизических исследований и аэронауки СО РАН, Якутск, Россия
Trev2010@bk.ru

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Якутск, Россия

AUTOMATION MODULE FOR STRATOSPHERIC LIDAR OBSERVATIONS

N.E. Sidorov^{1,2}, S.V. Titov^{1,2}

¹Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia
Trev2010@bk.ru

²Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre SB RAS ” Yakutsk, Russia

Аннотация. Лидарная установка дает возможность исследовать не только земную поверхность в двумерном или трехмерном пространстве, но и атмосферную составляющую Земли способом определять расстояния до непрозрачных отражающихся целей, а также анализировать свойства атмосферной среды. В этой работе мы разрабатываем способ дистанционного управления отражающим зеркалом лидара с помощью микроконтроллера Arduino UNO. Целью данной работы является разработка электромеханического узла для юстировки отражающего зеркала, в которую попадает непосредственно лазер лидара.

Ключевые слова: свойства атмосферы, дистанционное управление, микроконтроллер Arduino UNO, электромеханический узел, отражающее зеркало.

Abstract. The lidar installation makes it possible to explore not only the Earth's surface in two-dimensional or three-dimensional space, but also the atmospheric component of the Earth, by determining the distances to opaque reflecting targets. The installation also allows us to analyze properties of the atmospheric environment. In this study, we develop a method to remotely control the lidar reflecting mirror, using the Arduino UNO microcontroller. The purpose of this study is to develop an electromechanical assembly for adjusting the reflecting mirror, at which the lidar laser is aimed.

Keywords: atmospheric properties, remote control, Arduino UNO microcontroller, electromechanical unit, reflecting mirror.

ВВЕДЕНИЕ

Методы исследования атмосферы делятся на две основные группы: прямые и косвенные, которые в литературе часто называют контактными и дистанционными методами. В общем случае контактными называются такие измерения, при которых прибор находится в непосредственном контакте с воздухом. Существует несколько типов термометров, барометров, масс-спектрометров, хемилюминесцентных и оптических датчиков с газовым составом, детекторов рентгеновского и корпускулярного излучения, фотоэлектрических счетчиков аэрозольных частиц — и это далеко не полный перечень контактных приборов. Одновременно с контактными методами в последние десять лет быстро развиваются дистанционные методы измерения характеристик атмосферы. Эти методы также можно разделить на две группы: пассивные и активные.

Пассивные методы основаны на регистрации различных видов излучения, в первую очередь от Солнца и земной атмосферы. Наблюдение за северным сиянием, свечением ночного неба, следами метеоров, серебристыми и перламутровыми облаками, изменением яркости неба в течение дня, измерения поглощения солнечной радиации позволяют получить больше информации о свойствах различных слоев атмосферы Земли. Активные методы, такие как акустические, радиоакустические, радиолокационные, лидарные, связаны с передачей и регистрацией сигналов, преобразованных в результате их прохождения через атмосферу. Каждый из перечисленных дистанционных методов исследования име-

ет свои специфические особенности, связанные с взаимодействием воздушной среды с зондирующим сигналом.

Практическое использование электромагнитных волн оптического диапазона стало возможным только после создания в 60-х гг. твердотельных, а затем и газовых лазеров. Лазерное излучение частично рассеивается и поглощается в атмосфере. Часть лазерного излучения возвращается в лидар, принимается оптической антенной, затем регистрируется фотоприемником и уже в виде электрического сигнала поступает в систему регистрации и отображения информации об атмосфере. С помощью интерференционного фильтра, расположенного перед фотокатодом фотоумножителя (ФЭУ), ограничивается фоновое излучение. В основе дистанционного метода определения параметров атмосферы лежат эффекты взаимодействия электромагнитной волны с воздушной средой: аэрозольное и молекулярное рассеяние, СКР, RR, поглощение, деполяризация, доплеровское уширение и частотный сдвиг излучения, колебания амплитуды и фазы световой волны, причем многие из перечисленных явлений могут наблюдаться одновременно. Поэтому важную роль играет создание методов выделения из общей информации той части, которая содержит характеристику интересующей составляющей атмосферы.

Основное применение лазерного зондирования атмосферы — использование лидаров в мониторинге климата. Конечной целью здесь является регулярное измерение различных атмосферных характеристик. В настоящее время с помощью лидаров осуществляется мониторинг экологического состоя-

ния, в частности аэрозольных слоев, как по всему земному шару, так и в отдельных регионах. Метод лидарного зондирования относительно дешев и достаточно точен по сравнению с другими методами. Преимуществом лидарного метода исследования атмосферы является удаленность измерений, оперативность получения данных, возможность измерений в больших пространственных масштабах. Благодаря полученным данным можно измерять высоту, концентрацию, состав и температуру аэрозольных слоев. Наибольший интерес представляет озон, поскольку он является фильтром, поглощающим вредное ультрафиолетовое излучение, губительное для всего живого.

В настоящее время, в связи с развитием компьютерных технологий и Интернета, все чаще используются технологии, позволяющие удаленный доступ пользователя и тем самым обеспечивающие удобство и быстроту действий в любой сфере деятельности.

Использование оборудования в режиме удаленного доступа требует его автоматизации. Этот проект позволит создать удобное в использовании оборудование, а также сократить время получения данных стратосферного лидара. В настоящее время лидар установлен на оптическом полигоне ИКФИА в Намском районе у поселка Маймага.

СОЗДАНИЕ ДИЗАЙНА УСТРОЙСТВА

Первой целью стало создание 3D-модели корпуса зеркала. Перед тем как приступить к созданию модели, нужно было выбрать удобное и простое в использовании программное обеспечение по созданию 3D-моделей. Этим требованиям вполне отвечает программа «Компас-3D», к тому же оказавшаяся удобной для самостоятельного изучения.

Первым проектировался главный корпус зеркала, с помощью которого будет производиться юстировка положения зеркала в вертикальной плоскости (рис. 1).

Просчитав все необходимые размеры первой детали корпуса, приступили к созданию 3D-модели второй детали корпуса, которая будет двигаться в горизонтальной плоскости (рис. 2). Данная деталь будет располагаться во внутренней части корпуса юстировки в вертикальной плоскости и будет крепиться к главному корпусу с помощью обойм боковых осей, для которых должны быть спроектированы отверстия.

Боковые оси служат для крепления основных корпусов зеркала. Данные детали не должны препятствовать вращению основных корпусов юстировки зеркала (рис. 3).

После проектировки основных деталей корпусов зеркала была спроектирована стойка, которая будет удерживать основные детали корпуса зеркала. Размер стойки нужно было согласовать с высотой передающей оптической системы для того, чтобы испускаемый лидаром лазер попадал в центр зеркала. В нашем случае вместе с высотой стойки учитывалась высота подставки под корпус зеркала (рис. 4). Соединив все спроектированные детали, мы получили 3D-модель корпуса зеркала (рис. 5).

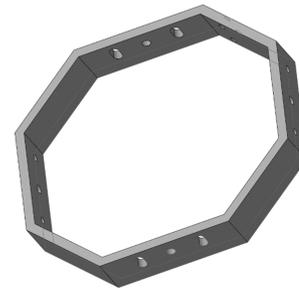


Рис. 1. Главный корпус юстировки в вертикальной плоскости зеркала



Рис. 2. Корпус горизонтальной юстировки зеркала

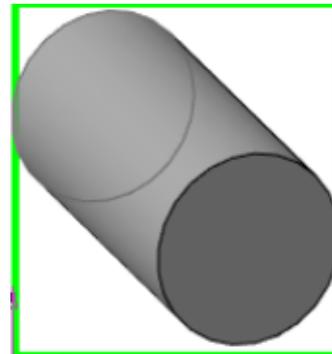


Рис. 3. Боковая ось обоймы зеркала

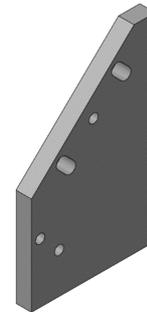


Рис. 4. Главная стойка зеркала

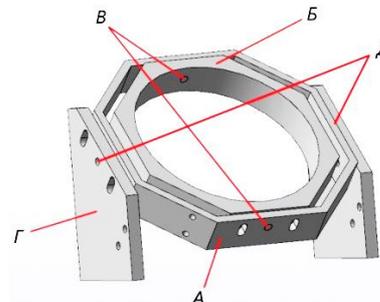


Рис. 5. 3D-модель корпуса зеркала: А — обойма юстировки зеркала по вертикальной плоскости; Б — обойма юстировки зеркала по горизонтальной плоскости; В и Д — осевые втулки крепления; Г — основная стойка корпуса зеркала

Далее мы приступили к проектированию деталей креплений, на которых будут установлены шаговые двигатели. Перед созданием 3D-модели креплений шаговых двигателей необходимо было учесть их размеры. Просчитав все необходимые размеры шаговых двигателей, мы создали стойки, на которых будут прикреплены непосредственно шаговые двигатели (рис. 6). Данные детали крепятся по краям зеркала, а именно к основному корпусу зеркала горизонтальной юстировки и к удерживающей стойке.

В двух боковых отверстиях стойки будут установлены резьбовые крепления, на которых будет установлен шаговый двигатель. В центральной части стойки будет прикреплена ведомая часть, движущая обойму зеркала по заданному направлению (рис. 7). Чтобы выполнять юстировку зеркала с помощью ведомой части, потребуется установка под ведомой частью регулировочного винта, который будет двигать корпус зеркала по заданному нами направлению.

Для крепления ведомой части была спроектирована также упирающаяся стойка для крепления стойки шагового двигателя. Данная деталь крепится к основному корпусу юстировки зеркала по горизонтальной плоскости и к удерживающей стойке (рис. 8). Соединив все изготовленные 3D-детали, мы получили 3D-модель крепления шаговых двигателей (рис. 9).

На основе моделей, спроектированных с помощью 3D-программы, были сделаны чертежи, по которым в мастерской института изготовили нужные детали: стойки и обоймы из металла, ведомые шестерни из пластика методом 3D-печати (рис. 10).

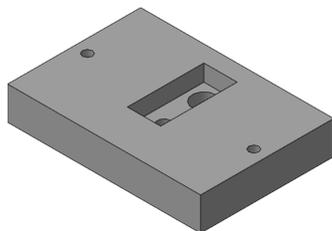


Рис. 6. Стойка для шаговых двигателей

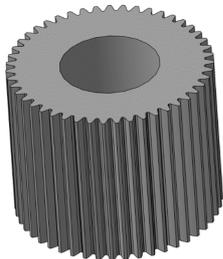


Рис. 7. Ведомая часть корпуса зеркала

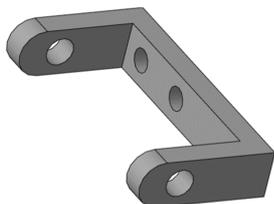


Рис. 8. Упирающаяся стойка

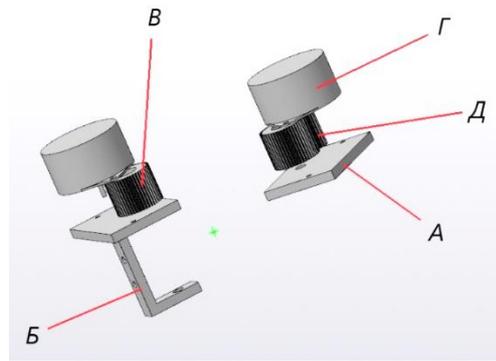


Рис. 9. 3D-модель крепления шаговых двигателей: А — стойка под шаговые двигатели; Б — упорная стойка; В — регулировочная шестерня; Г — шаговый двигатель; Д — ведущая шестерня



Рис. 10. Полностью законченная модель корпуса зеркала

АВТОМАТИЗАЦИЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO UNO

После разработки и сборки корпуса зеркала были приобретены следующие элементы:

- Шаговый Двигатель Mitsumi M5P.SP-5P, step 7,5°, 120 Ohm;
- Микропроцессор Arduino UNO;
- Микроконтроллер CNC Shield;
- Драйвер A4988;
- Блок питания на 12 В, мощностью 40 Вт.

Перед тем как приступить к работе с Arduino UNO, требуется загрузить прошивку grbl, которая базируется на языке программирования C++, — так называемый скетч. Прошивка требуется для работы Arduino с компьютерной программой GRBL Controller. Его скетч загружается в микропроцессор Arduino с помощью программы Arduino IDE. Запускаем программу Arduino IDE, далее в инструментах выбираем тип микропроцессора, в нашем случае Arduino UNO, далее выбираем порт USB компьютера, на котором подключена наша плата, после этого скетч компилируется и загружается в саму плату.

Когда скетч уже загружен в плату Arduino, соединяем саму плату с микроконтроллером CNC Shield. Шаговые двигатели подключаются по бокам осей в колодки с четырьмя выводами. После того как соединили контроллер с процессором, устанавливаем

ливаем к самому контроллеру драйверы A4988 по осям X и Y. Данные драйверы необходимы для управления шаговыми двигателями. Драйвер шагового двигателя A4988 работает от напряжения 8–35 В и может обеспечить ток до 1 А на фазу без радиатора. В самом драйвере имеется регулировочный резистор, с помощью которого можно настроить ток в микроконтроллере.

Данные оси позволяют работать с двумя шаговыми двигателями в отдельности, которые установлены на плату микроконтроллера. Для работы с компьютера требуется также программа GRBL, чтобы управлять шагами двигателя (рис. 11).

Программа GRBL Controller, в основном используемая для ЧПУ станков, в нашем случае необходима для управления шаговыми двигателями с помощью кнопок осей X и Y.

Во время разработки проекта возникли сложности с питанием и мощностью двигателей. Из-за низкого напряжения питания шаговые двигатели не смогли вращать ведомую шестерню. Мы добились желаемого результата, повысив напряжение, к которому подключен микроконтроллер. Шестерни вращались на один шаг, при этом управлялись программой GRBL Controller в удаленном доступе с помощью удаленной поддержки TeamViewer с персонального компьютера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге мы получили полностью готовый проект. При подаче сигнала с персонального компьютера через программу GRBL Controller на платформу Arduino UNO срабатывали шаговые двигатели, двигая обойму зеркала по горизонтали и по вертикали. Разработав электромеханический узел для юстировки зеркала, мы добились желаемого результата. В дальнейшем планируется полная автоматизация системы лидача, а именно: автоматическое открытие люка ФЭУ и люка лазера, автоматическое включение блока питания лидача, генератора частот, а также непосредственное подключение камер для контроля процесса работы.

Работа выполнена в рамках государственного задания (номер госрегистрации № АААА-А21-121011990007-1)

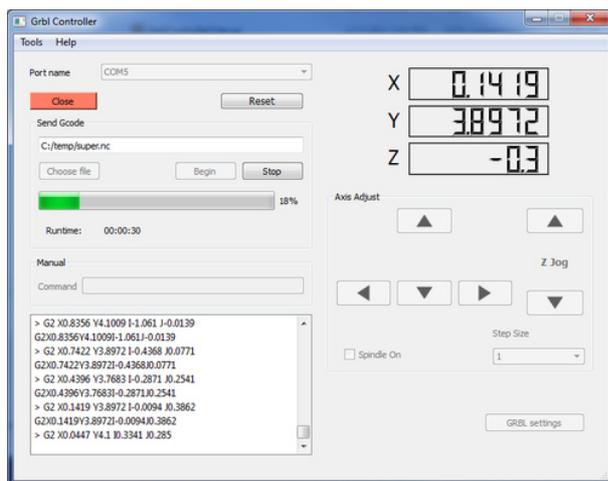


Рис. 11. Интерфейс управления зеркалом на базе GRBL-контроллера