

УДК 681.2

Принцип построения Автоматического лидарно-радиометрического комплекса

Величко А.П.*, Мешков В.В., Перминов Я.И.*****

*Московский государственный университет приборостроения и информатики,
МГУПИ, ул. Стромынка, 20, Москва, 107996, Россия*

**e-mail: aleksveli4ko@yandex.ru*

***e-mail: meshkov16@mail.ru*

****e-mail: pimenov_av@mgupi.ru*

В данной статье рассматривается принцип построения автоматического лидарно-радиометрического комплекса наземного базирования, который предназначен для определения ряда основных метеорологических характеристик облаков и приземного слоя атмосферы в режиме реального времени. Здесь представлена структура комплекса, обоснованы отдельные измерительные системы, объединенные в единый метеорологический комплекс и работающие синхронно в каждом цикле измерений. Отличительной особенностью лидарно-радиометрического комплекса является возможность дистанционного управления им одним оператором с одного рабочего места. Оригинальность конструкции кинематического узла позволяет проводить зондирование метеобъекта в любой точке небосвода с учетом направления его перемещения. Кроме того габариты и вес измерительной установки позволяют придать ей мобильность путем размещения на шасси любого автомобиля.

Представляемый измерительный комплекс может быть интересен для специалистов и организаций, связанных с исследованием и прогнозированием метеоро-

логической ситуации, а также с экологическим мониторингом в каком-либо регионе. Широкое применение такой аппаратуры совместно с орбитальными системами существенно увеличит достоверность краткосрочных и долгосрочных прогнозов погоды в регионах страны, а также обеспечит круглосуточный оперативный экоконтроль за состоянием приземного слоя атмосферы.

Ключевые слова: лидарно-радиометрический комплекс, лидар, контроллер, инклинометр, цифровой компас.

Автоматический лидарно-радиометрический комплекс предназначен для дистанционного контроля атмосферы. Комплекс способен измерять и оценивать прозрачность пограничного слоя, содержание водяного пара, температуру, высоту нижней границы водозапас облака, а также другие метеопараметры [1].

Измерение метеопараметров атмосферы производится в любой точке небосвода, доступной для наблюдения с места установки комплекса. Управление измерительной аппаратурой и наведение производится одним оператором [2]. Обработка результатов измерений, их отображение и запись происходит в режиме реального времени.

В комплексе установлено следующее измерительное оборудование:

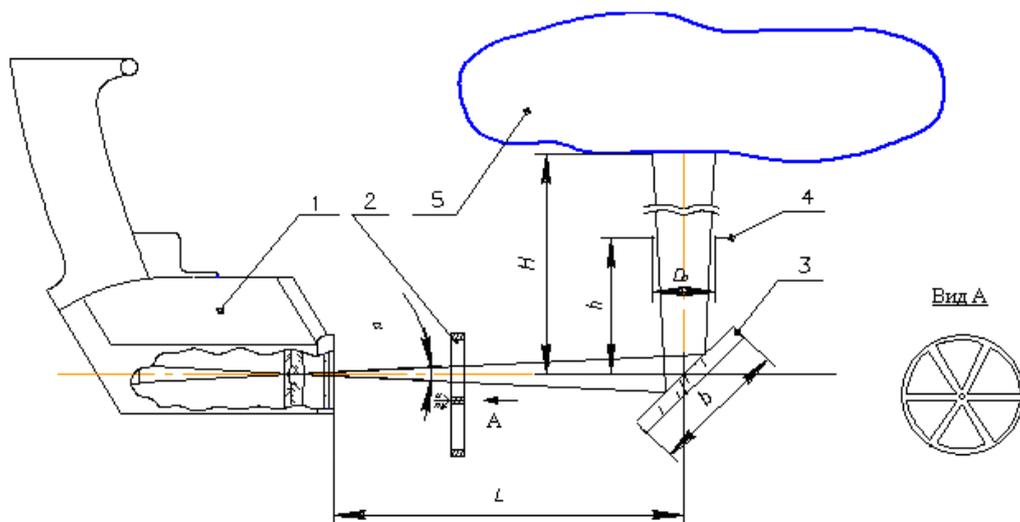
- ИК-лидар
- ЛЧМ-лидар
- ИК-термометр со сканирующим узлом

ИК-лидар необходим для импульсного измерения нижней границы облачности и представляет собой модернизацию серийно выпускаемого дальномера ДАК-2М-1.

В качестве излучателя используется неодимовый лазер с длиной волны 1,06 мкм, излучающий импульсы энергией 0,12 Дж и длительностью 60 нс с минимальным периодом следования 30 с. Для оцифровки принимаемого сигнала блок управления лидара оснащен АЦП и встроенной памятью 64 Кб.

ЛЧМ-лидар предназначен для непрерывного измерения высоты нижней границы облачности с высоким разрешением по дальности, оценки оптической плотности облаков и исследования аэрозолей. В качестве излучателя используется лазер с длиной волны 532 нм мощностью 250 мВт. Диапазон частот от 75 до 150 МГц, время прохождения – 25 циклов в секунду. Модуляция основана на эффекте Поккельса. Принятый сигнал после фильтрации и усиления оцифровывается для дальнейшей обработки в блоке АЦП.

ИК-термометр вместе со сканирующим узлом и набором корректирующих фильтров служит для получения тепловой карты движущегося метеобъекта. Непосредственно термометр измеряет радиационную температуру поверхности метеобъекта. Диапазон измерений температуры $\Delta T = 223 \div 773^\circ\text{K}$, угол поля зрения $1,6^\circ$, точность измерений $\pm 0,6^\circ\text{K}$. Сканирующий узел представляет собой плоское зеркало 35x20 мм с внешним отражающим покрытием, установленное на расстоянии 178 мм (в плоскости перетяжки) от входного зрачка ИК-термометра и под углом 45° к нему (см. рис.1).



1 - ИК-термометр; 2 – блок корректирующих фильтров; 3 - сканирующее зеркало; 4 - входное окно; 5 – метеообъект

Рисунок 1 - ИК-термометр и сканирующий узел

Зеркало 3 жестко закреплено на валу. Поворот плоскости зеркала осуществляется шаговым двигателем, вал которого кинематически связан с валом зеркала. Скорость поворота зависит от скорости движения метеообъекта, угол сканирования составляет 38° . Корректирующие фильтры 2 необходимы для увеличения диапазона измеряемой температуры, т.к. в условиях чистого неба температура метеообъекта может быть ниже 223°K .

Функциональная схема измерительного блока представлена на рис.2.

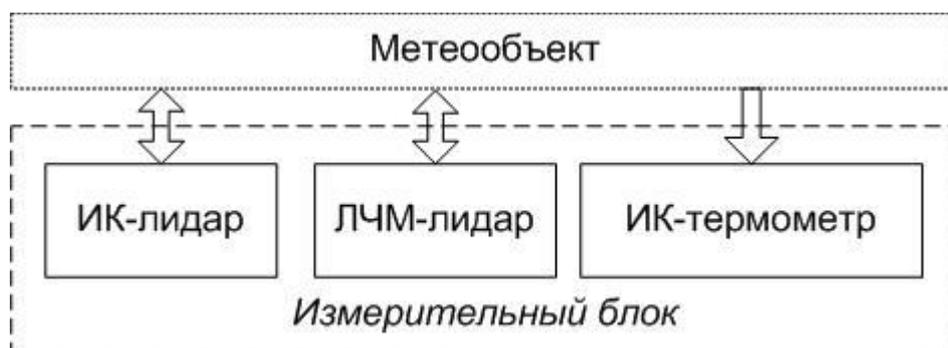


Рисунок 2 - Измерительный блок комплекса

Основная задача данного блока – непосредственное измерение параметров атмосферы и получение первичных данных. Оборудование измерительного блока располагается соосно на единой поворотной монтажной платформе.

Для наведения измерительного блока на исследуемый участок небосвода монтажная платформа устанавливается в полусферу из акрилового стекла под углом 29° (см. рис.3). Для обеспечения поворота полусферы в 3-х взаимно перпендикулярных плоскостях полусфера ставится на радиально-упорный подшипник открытого типа, размещенный на опорной платформе. Сторона квадрата основания подшипника – 570 мм. На монтажной платформе может быть установлено до 70 кг полезной нагрузки.

Изменение углового положения сферы производится при помощи системы из двух приводов угла места и одного азимутального привода, обеспечивающих изменение угла места в пределах 180° , а азимутального в 360° . Для поворота сферы в требуемом направлении валик соответствующего привода прижимается к поверхности сферы, обеспечивая фрикционную передачу движения.

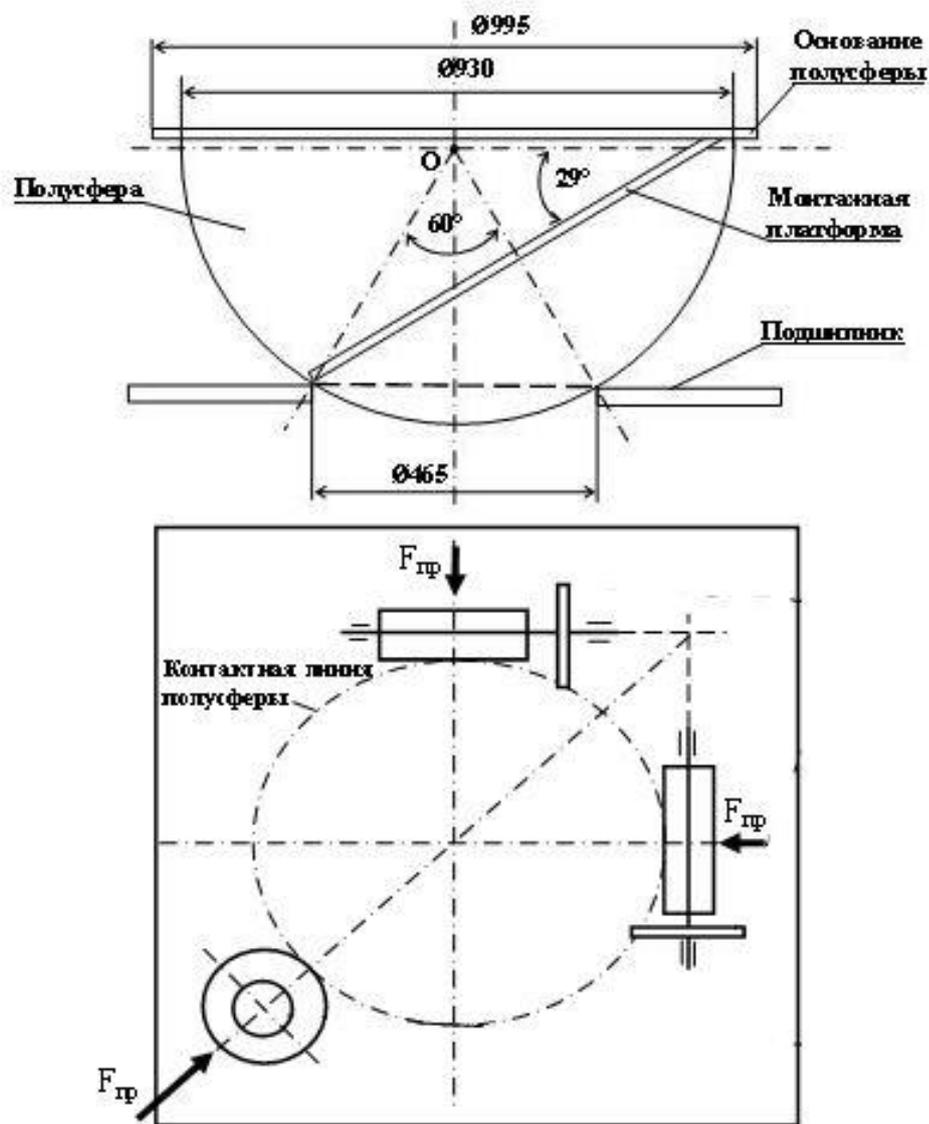


Рисунок 3 - Полусфера и приводы наведения

Коммутация реле, определяющих направление вращения двигателя, осуществляется при помощи модуля *KernelChip* KE-USB24A на базе микроконтроллера *Microchip* PIC18F4550. Всего на исполнительном механизме блока контроллера приводов установлено 12 реле. В зависимости от выбранного привода и направления вращения выполняется коммутация соответствующей линии исполнительного механизма.

Помимо измерительного блока на монтажной платформе в полусфере закреплены датчики углового положения. Это инклинометр *AnalogDevicesAD16209* для определения текущего угла места и цифровой компас *RobotElectronicsCMPS10* с компенсацией угла наклона для определения азимута. Датчики построены по технологии MEMS и измеряют текущее угловое положение в реальном времени с точностью $0,1^\circ$. Цифровой компас оснащен интерфейсом I²C, а инклинометр – интерфейсом SPI, что позволяет подключить их к микроконтроллеру, либо компьютеру для дальнейшей обработки результатов измерений. В лидарно-радиометрическом комплексе показания датчиков передаются в программу управления через шину USB посредством переходников.

Также в полусфере соосно оборудованию измерительного блока установлена видеокамера, изображение с которой передается на автоматизированное рабочее место оператора. При помощи камеры оператор ведет наблюдение за атмосферой. Процедура автоматического наведения комплекса начинается с выбора на получаемом изображении метеобъекта для изучения и задания вектора его движения.

Управление всем комплексом происходит из автоматизированного рабочего места оператора (АРМ), представляющего собой ПК с установленным ПО управления комплексом и подключенный к контроллеру приводов и датчиков.

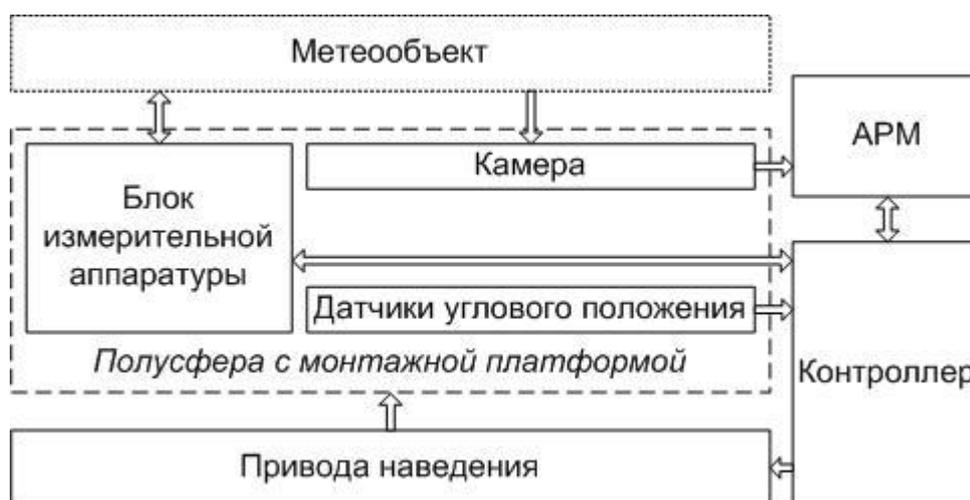


Рисунок 4 -Общая структурная схема комплекса

На рис. 4 представлена общая схема комплекса. Центром управления является АРМ, связанный с контроллером и камерой посредством беспроводного соединения Wi-Fi (IEEE 802.11). Работающая на АРМ программа управления комплексом вырабатывает алгоритм автоматического наведения и выполнения измерений метеообъекта. Контроллер принимает пакет данных от АРМ и, в зависимости от его содержания, либо вырабатывает управление на привод, либо запускает блок измерительной аппаратуры. Также контроллер получает данные с датчиков и транслирует их в АРМ. Данные, получаемые в процессе измерений, также транслируются на ПК оператора для дальнейшей обработки.

Вторичная обработка, анализ и сохранение результатов измерений происходит на АРМ. Для выполнения поставленных задач АРМ объединяет следующие программы:

- Программа наведения и управления приводами;
- Программа работы с ИК-термометром;

- Программа работы с ИК- и ЛЧМ-лидарами.

Результаты измерений температуры, дальности и других метеопараметров представляются как в виде 2D- и 3D-диаграмм и графиков, так и в виде таблиц, что удобно для дальнейшей обработки. Оператор имеет возможность анализировать полученные данные, представленные в наглядном виде, загружать из базы данных результаты предыдущих измерений, оперативно проводить новые измерения. При этом процедура наведения на интересующий метеобъект, запуск и остановка измерений, их первичная и вторичная обработка происходит в автоматическом режиме, что позволяет максимально сосредоточиться на результатах измерений, не отвлекаясь на решение второстепенных задач.

Литература

1. Слепцов В.В., Величко А.П., Новикова М.В., Панина Н.В. «Дистанционные исследования основных характеристик облаков различных типов в ИК и видимом диапазонах спектра». Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики / Научные труды VIII Международной научно-практической конференции (г. Сочи, 2005 г.), кн. Приборостроение. М., 2005. – 154 с.
2. Лукашкин В.Г., Гарипов В.К., Слепцов В.В., Вишнеков А.В. Автоматизация измерений, контроля и управления / М.: Машиностроение – 1, 2005. – 663 с.