

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.
ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ

Д.Б. Горбачев, Н.В. Дорогов, А.Н. Иванов, Г.И. Ильин, В.В. Морозов, Ю.Е. Польский,
В.Т. Терновсков, Ю.М. Хохлов

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА «ПИХТА»

Представлен автоматизированный многоцелевой измерительный комплекс, предназначенный для контроля загрязнений в приземном слое атмосферы и измерения ее оптических параметров.

Измерительный комплекс включает в себя импульсный лидар, состоящий из передатчика и 2-х приемных блоков, индикатрисометр, анализатор размеров частиц аэрозоля, микроЭВМ с периферийными устройствами.

Основным содержанием современной атмосферной оптики, ее методологической основой является совокупное решение прямых и обратных задач при исследовании атмосферы [1]. К числу важнейших условий, без которых невозможно решение этих задач, следует отнести разработку и практическое использование активных дистанционных методов лазерного зондирования, что главным образом обусловлено их возможностями получать оперативную информацию из огромных объемов среды с высоким пространственным и временным разрешением. Таким образом, одним из важнейших факторов успешного развития методов дистанционного лазерного зондирования является создание сложнейшей техники — лидаров, представляющих собой полностью автоматизированные лазерные измерительные комплексы (ЛИК), позволяющие производить измерения и обработку лазерных эхосигналов с высокой точностью в реальном масштабе времени и способные выдавать конечную информацию в виде, удобном для пользователя.

Авторами данной статьи разработан измерительный комплекс «Пихта», предназначенный для контроля загрязнений в приземном слое атмосферы и измерений ее оптических параметров на коротких наклонных трассах. Измерительный комплекс, принцип действия которого основан на использовании эффектов обратного рассеяния и отражения, состоит из многоцелевого импульсного лидара, содержащего приемопередающую пару, в которой для расширения возможностей используются две длины волны: первая и вторая гармоники алюмоиттриевого граната. В состав комплекта входят также: полевой индикатрисометр, развернутый на базе многоцелевого лидара, анализатор размеров частиц аэрозолей «Спектр-3-АЧ», система регистрации и обработки сигналов и ряд вспомогательных устройств.

Приведем краткое описание некоторых подсистем комплекса.

1. Передатчик — функционально законченный модуль, построенный на базе излучателя ИЗ-25 и компактного источника накачки Ритм-150. Модуль передатчика включает в себя автономную систему охлаждения излучателя, которая обеспечивает нормальную его работу в режиме излучения пачек импульсов, следующих с частотой до 50 Гц и интервалами между пачками не более 5 мин. Управление передатчиком осуществляется сигналами, поступающими из микропроцессорного контроллера. В модели передатчика предусмотрены режимы ручного однократного запуска или запуска от внутреннего генератора, что обеспечивает независимую работу подсистем при настройке и отладке комплекса. Для контроля выходной мощности зондирующего импульса, синхронизации систем обработки сигнала, а также для обеспечения работы индикатрисометра часть излучения с выхода передатчика поступает в световоды, которые заканчиваются оптическими разъемами с умеренными потерями (< 2 дБ), установленными на панели управления.

2. Приемный модуль состоит из объектива, разделительной оптики, двух блоков фотоприемников, в которых в качестве фотодетектора использован фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), схемы обработки сигналов, микроконтроллера и блока питания ФЭУ.

Отличительной особенностью предлагаемого приемного устройства является многоканальное построение, т. е. включение двух или более фотоприемников в общую приемную систему. Это позволяет повысить соотношение сигнал-шум и соответственно повысить точность измерений. Для повышения информативности измерений и максимального использования энергии передатчика лидара регистрация сигнала обратного светорассеяния в каждом фотоприемнике производится на двух длинах волн (0,53 и 1,06 мкм). Фотоприемник приемной системы лидара состоит из объектива, разделительной оптики, двух блоков фотодетекторов, в которых использованы фотоэлектронные умножители (ФЭУ), схемы обработки сигналов, микропроцессора и блока питания ФЭУ.

Измерение амплитуды принятых сигналов производится с относительной погрешностью не хуже 10% в динамическом диапазоне не менее 10^4 . Получение высокой точности измерений в широком динамическом диапазоне принимаемых сигналов обеспечивается формированием кусочно-линейной ам-

плитудой характеристики ФЭУ при съеме с динодов [7] и автоматическом выборе линейно работающего канала. Выбор канала и оцифровка аналогового сигнала осуществляется схемой обработки, выполненной на базе быстродействующих аналого-цифровых преобразователей (АЦП) 1107 ПВ ЗА. Информация, снимаемая с выходов АЦП, дополняется номером активного канала и запоминается в быстродействующем буферном оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) емкостью 128 9-разрядных слов. Причем в первом слове схема обработки сигналов обеспечивает запись информации о мощности импульса излучения. В промежутках между импульсами излучения передатчика информация их буферного ОЗУ переписывается в ОЗУ микропроцессора. В схеме обработки предусмотрена возможность введения задержки начала оцифровки, а также изменения в реальном масштабе времени частоты нарезки принимаемого сигнала для более тщательного анализа выбранного участка трассы.

В состав комплекса в зависимости от решаемых задач может входить от 2-х до 6-ти приемных модулей. Причем 4 приемных модуля могут объединяться конструктивно с модулем передатчика, а два приемника являются выносными и используются при определении прозрачности на наклонных трассах.

3. Индикатрисометр состоит из двух модулей приемника и оптико-механического блока (ОМБ). Зондирующее излучение из передатчика посредством оптического кабеля вводится в ОМБ, где разветвляется на 6 каналов и поступает на линии задержки, выполненные из с ветоволокна с малыми оптическими потерями. С выходов линий задержки излучение через коллиматоры направляется на исследуемый объект под различными углами к оси фотоприемника. Для увеличения углового разрешения индикатрисометра предусмотрена возможность поворота ОМБ относительно фотоприемника с шагом 1° . Результаты измерений индикатрисы рассеяния обрабатываются встроенным контроллером и выводятся в центральный процессор или на печать. Функционально индикатрисометр связан с анализатором размеров частиц аэрозолей «Спектр-3-АЧ» [8], что позволяет одновременно с измерением индикатрис контролировать также спектр размеров частиц исследуемых аэрозолей.

Разработанный измерительный комплекс позволяет производить измерения одновременно:

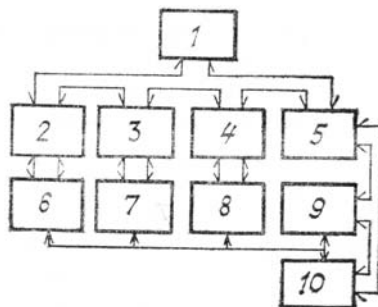
а) сигналов обратного рассеяния с максимальной частотой дискретизации 100 МГц, относительной погрешностью измерения +5%, при длине трассы до 20 км, в динамическом диапазоне входных сигналов 10^4 ;

б) сигналов полевого индикатрисометра, полученных при рассеянии излучения в 6 направлениях при динамическом диапазоне входных сигналов 10^4 ;

в) размеров частиц в диапазоне $0,2 \div 40$ мкм и концентраций до $15 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$ микрочастиц в локальном объеме, массовой концентрации, метрологической дальности видимости;

г) сигналов, полученных от вносных фотоприемников с дальности до 1,5 км, при динамическом диапазоне входных сигналов 10^4 .

Все процессы измерения производятся автоматически с помощью встроенных микропроцессоров. Общее управление комплексом, сбор и обработка информации осуществляется с помощью центральной микроЭВМ.



Структурная схема автоматизированной системы обработки сигналов комплекса «Пихта»: 1 – центральная ЭВМ; 2 – микропроцессорный модуль (МПМ) лидара; 3 – МПМ спектрометра; 4 – МПМ индикатрисометра; 5 – МПМ выносных фотоприемников; 6 – система обработки (СО) лидарных сигналов; 7 – СО спектрометра; 8 – СО индикатрисометра; 9 – СО первого выносного фотоприемника; 10 – СО второго выносного фотоприемника

Структурная схема автоматизированной системы обработки представлена на рисунке. Ввод предварительной информации в периферийные устройства, так же как и сбор информации, полученной в процессе измерения, осуществляется с помощью центральной микроЭВМ. Для этого перед началом работы в центральную микроЭВМ вводится программа работы комплекса.

В состав программы входят:

а) программа обработки сигналов обратного рассеяния;

б) программа обработки сигналов индикатрисометра;

в) программа обработки информации, полученной анализатором размеров частиц;

г) программа обработки сигналов, полученных от выносных фотоприемников.

Программа обработки сигналов обратного рассеяния содержит следующую информацию: частоту дискретизации АЦП; время задержки запуска АЦП; количество импульсов в одном измерении; частоту излучения лазера; количество измерений; период измерений; таблицу различных коэффициентов, предназначенных для восстановления сигналов.

Вся эта информация из центральной микроЭВМ после запуска переписывается в микропроцессорный модуль лидара (МПМЛ). При работе частота дискретизации и время задержки запуска записывается в схему обработки лидарного сигнала (СОЛС). Система обработки сигнала позволяет производить дискретизацию сигналов с частотами 100, 50, 25 и 6,25 мГц, а благодаря устройству задержки запуска АЦП устройство может производить измерения, начиная с 12 м до 20 км, с шагом дискретизации 189 м. Максимальное количество импульсов, возможное в одном измерении, равно 32 с максимальной частотой излучения лазера до 30 Гц. Число измерений практически не ограничено. Система позволяет производить обработку одновременно двух сигналов, что дает возможность измерять сигналы обратного рассеяния на двух длинах волн.

Программа обработки сигналов индикатрисометра включает:

1. Таблицу коэффициентов, необходимых для восстановления сигналов.
2. Информацию об углах рассеяния индикатрисы.
3. Количество измерений.
4. Количество импульсов в измерении.

Программа обработки информации анализатора спектра микрочастиц содержит:

1. Информацию о текущем времени измерения, о скорости прокачки среды, площади поперечного сечения счетного объема.
2. Алгоритм вычисления концентрации микрочастиц в локальном объеме.
3. Алгоритм вычисления моментов распределения.
4. Алгоритм вычисления массовой концентрации и метрологической дальности видимости.

Непосредственный процесс наполнения информации о размерах микрочастиц осуществляется в микропроцессорном модуле спектрометра (МПМС). В модуле определяется выбор режима измерения (контроль фона, контроль токовых шумов ФЭУ), а также время измерения. По запросу микроЭВМ информация о спектре размеров частиц передается в центральный процессор. Вычисление вышеуказанных параметров и совместная корреляционная их обработка с данными, полученными от индикатрисометра, способствует повышению точности и достоверности получаемой информации.

Программа для выносных фотоприемников содержит:

1. Задержку запуска АЦП.
2. Исходные данные о местоположении фотоприемников.
3. Количество импульсов в одном измерении.
4. Таблицу коэффициентов, необходимых для восстановления сигнала.
5. Количество измерений.

После перезаписи всей этой информации от центральной микроЭВМ управление работой комплекса передается МПМЛ. Синхронизация работы всего комплекса осуществляется от СОЛС. По команде МПМЛ производится запуск лазера. Синхроимпульс, поступающий от лазера, производит запуск всех систем обработки сигналов комплекса. Полученная в результате измерения информация переписывается из систем обработки в микропроцессорные модули, после чего производится следующее измерение. После окончания цикла измерений информация из периферийных микропроцессорных модулей переписывается в центральную микроЭВМ, которая осуществляет обработку данных.

Таким образом, предложенные принципы построения, сформулированные авторами на основе опыта создания и эксплуатации отдельных измерителей [7, 8] и апробированные в разработанном многоцелевом комплексе «ПИХТА», создают основу для перехода к проектированию и применению при исследовании атмосферы измерительных комплексов интегрального типа, которые, благодаря своей архитектуре, позволяют проводить измерения оптико-физических параметров атмосферы с более высокой информативностью, точностью и достоверностью результатов по сравнению с отдельными измерителями.

1. Зуев В. Е. // Оптика атмосферы. 1988. Т. 1. № 1. С. 5–12.
2. Абрамочкин А. И., Балин Ю. С., Ваулин П. П. и др. // Измерительные приборы для исследования параметров приземных слоев атмосферы. Томск: ИОА СО АН СССР, 1977. С. 5–16.
3. Бачериков В. В., Верный А. Е., Гуреев Б. А. // 4 Всес. научно-техническая конференция «Фотометрия и ее метрологическое обеспечение». (Тезисы докл.). М., 1982. С. 303.
4. Иванов А. П., Чайковский А. П., Дятлов К. Н., Хутко И. С. // ЖПС. 1978. Т. 29. Вып. 6. С. 1044–1052.
5. Ушаков Г. В., Бурков В. В., Байрашин Г. С. // Измерительные приборы для исследования параметров приземных слоев атмосферы. Томск: ИОА СО АН СССР, 1977. С. 21–27.
6. Агишев Р. Р., Ильин Г. И., Пикулев А. Н. и др. Тезисы докл. Томск: ТФ СО АН СССР. 1984. Ч. 2. С. 345–348.
7. Ильин Г. И. // 5 Всес. симпозиум по лазерному и акустическому зондированию атмосферы. (Тезисы докл.). – Томск: ИОА СО АН СССР. 1978. С. 138–140.

8. Васильев И.И., Горбачев Д.Б., Ильин Г.И., Польский Ю.Е. // Материалы III Всес. симпозиума по распространению лазерного излучения в атмосфере. Томск: ТФ СО АН СССР, 1986. Ч. 3. С. 285–287.

Казанский авиационный институт

Поступила в редакцию
8 августа 1988 г.

D.V. Gorbachev, N.V. Dorogov, A.N. Ivanov, G.I. Ilyin, V.V. Morozov, Yu.E. Polsky, V.T. Ternovskov, Yu.M. Khokhlov. **The Peculiarities of Construction of Multi-Purpose Automated «PIKHTA».**

The article presents a multi-purpose automated measurement system designed for contamination control of the lowest layer of the atmosphere and for measuring its optical parameters.

The measurement system comprises an impulse lidar consisting of a transmitter and two reception units, unit for measuring scattering indicatrix, an analyser for measuring the size of aerosol particles, an M-processor with its accessories.