

СИСТЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СПЕКТРОМЕТРИИ АЭРОЗОЛЕЙ И АЭРОИОНОВ

Т.П. Бернотас, Э.Э. Кольк, А.А. Мирме,
А.Э. Рейнарт, Х.Ф. Таммет

Введение

Аэрозоли и аэроионы являются трудными для исследования объектами. Электрические сигналы в спектрометрической аппаратуре очень малы (10^{-15} – 10^{-11} А). Наблюдения выполняются в естественных атмосферных условиях, в присутствии всего комплекса происходящих при этом процессов. Спектры и сигналы связаны между собой плохо обусловленной системой линейных уравнений большой размерности и с полуэмпирически определяемыми коэффициентами. Достижение минимально необходимых разрешения и точности измерения возможно только при полном учете всей доступной информации.

Планирование системы

Конкретные условия измерений самые различные. Выделим из них типовые:

- 1) специально оборудованная лаборатория;
- 2) лаборатория без специального оборудования;
- 3) стационарная полевая база;
- 4) мобильная экспедиция.

Система может содержать различные датчики информации (измерительные устройства). В нашем распоряжении имеются: переносный одноканальный сканирующий спектрометр легких аэроионов с разрешением в записи до 50+60 элементов [1], такой же стационарный спектрометр с разрешением в записи до 60+130 элементов [2], 6-канальный спектрометр легких аэроионов, 11-канальный спектрометр аэроионов [3], 26-канальные электрические спектрометры аэрозолей [4]. Непосредственная информационная продуктивность одноканально сканирующего спектрометра составляет 5–15 кбайт в час, а продуктивность 26-канального спектрометра – 10–100 кбайт в час в зависимости от метода измерения. Способность системы справляться с постав-

ленными задачами существенно зависит от используемой ЭВМ и ее программного обеспечения. Спектрометрические измерения включают следующие этапы:

- 1) управление датчиком информации и измерение сигналов,
- 2) предварительная обработка результатов,
- 3) проявление (фильтрация) спектра,
- 4) статистическая обработка спектров,
- 5) анализ результатов.

Требования к ЭВМ по этапам указаны в табл. I.

Задачи ЭВМ на разных этапах существенно различны. Особенно выделяется этап анализа результатов, который обязательно требует возможности диалоговой работы перед графическим дисплеем. Количество новых программ указано в таблице с расчетом на максимальную нагрузку эксплуатации системы. Опыт показывает, что для анализа результатов одного эксперимента составляется 5-30 специальных программ, причем на составление одной программы затрачивается до одного рабочего дня человеческих ресурсов и до одного часа машинного времени при условии достаточной квалификации исследователя и наличия проблемно-ориентированного пакета готовых подпрограмм.

Оценка быстродействия на этапе 3 дана с расчетом на использование линейных методов фильтрации. Нелинейные методы требуют повышения быстродействия дополнительно на один порядок.

На всех этапах требуется возможность записи промежуточных данных и программ на внешний носитель информации в объеме 10-100 кбайт за рабочий день.

Требования к ЭВМ на первых и последних этапах противоречивы. Используемая на первых этапах ЭВМ должна быть малогабаритной, дешевой и надежной. Максимально-удовлетворительная для последнего этапа ЭВМ не отвечает этим требованиям. Поэтому принято решение построить систему на основе ЭВМ двух типов, один из которых ориентирован на два первые этапа, а второй - на два последние. Желательно, чтобы третий этап мог бы быть решен с помощью ЭВМ или первого, или второго типа в зависимости от конкретной задачи.

Реализация системы

В Аэроэлектрической лаборатории ТГУ система спектрометрии аэрозолей и аэроионов создана на базе ЭВМ "Электроника ДЗ-2С" и "Искра-226". Конкретные типы ЭВМ выбраны по соот-

Таблица I

Основные требования к ЭВМ

Минимально требуемое	Этап I измерение	Этап 2 предобработка	Этап 3 проявление	Этап 4 статистика	Этап 5 анализ
Быстродействие (вычислительные операции с плавающей запятой)	$10^2 - 10^3$ лог.оп./с	$10^2 - 10^3$ лог.оп./с $10^0 - 10^2$ выч.оп./с	$10^2 - 10^3$ выч.оп./с	$10^2 - 10^4$ выч.оп./с	$10^3 - 10^4$ выч.оп./с
Объем ОЗУ	I кбайт	I кбайт	32 кбайт	64 кбайт	64 кбайт
Индикация	-	цифровая	цифровая (графическая)	-	алфавитно-цифровая и графическая
Протокол	-	-	алфавитно-цифровой	алфавитно-цифровой	алфавитно-цифровой и графический
Количество новых программ в год	I - 3	I - 3	I - 5	3 - 10	100 - 1000
Отечественная ЭВМ	КИ-20 Электроника: ДЗ-28 БК-0010	КИ-20 Электроника: ДЗ-28 БК-0010	Искра-226 ДБК-2 (с ограничениями Электроника ДЗ-28)	Искра-226 ДБК-2 СМ-4	Искра-226

ответствено к изложенным выше требованиям и на основе доступности. Распределение задач ЭВМ в системе изображено на рис. 1.

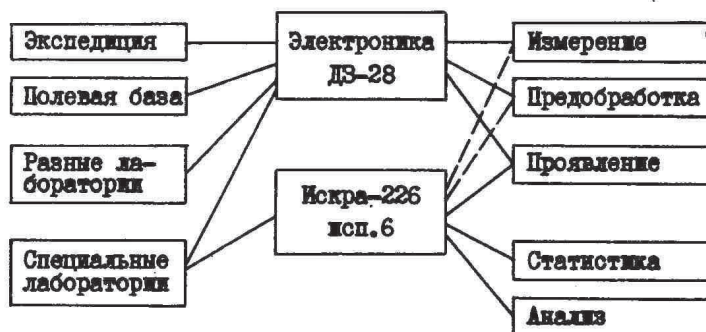


Рис. 1. Распределение задач ЭВМ.

Редко используемые связи указаны прерывистой линией.

Система содержит 4 ЭВМ типа "Электроника ДЗ-28" и 1 ЭВМ типа "Искра-226". ДЗ-28 через специально построенный [5] контроллер управляет со спектрометром (измерительным устройством), проводит измерения и часть обработки данных.

На печать может быть выведен краткий протокол измерения, а предварительно обработанные данные вместе с другими необходимыми сведениями записываются на магнитную кассету. В зависимости от программы ЭВМ может быть использована без печатающего устройства типа "CONSUL".

В дальнейшем информация с кассет переписывается на магнитный диск ЭВМ "Искра". Для этого любая свободная от измерений в данный момент ДЗ-28 через специальный блок связи и шину ИРИР подключается к ЭВМ "Искра", вводит данные с кассеты в свою ЗУ и осуществляет передачу. Блок связи позволяет передавать информацию и в обратном направлении, например, передавать в ДЗ-28 составленные с помощью ЭВМ "Искра" аппаратные матрицы спектрометров.

Дальнейшая обработка и анализ результатов проводятся средствами ЭВМ "Искра". Таким образом, система распадается на две части. Первая часть с ЭВМ ДЗ-28 имеет минимальное количество дополнительной аппаратуры, является достаточно малогабаритной и вполне может применяться вне лаборатории. Вторая часть находится стационарно в лаборатории и при необходимости может обслуживать несколько комплектов ДЗ-28. Сис-

тема достаточно широка для реализации разных нестандартных способов сбора и обработки информации. Например, при условии непосредственной связи между ЭВМ можно реализовать измерения так, что в то время как ДЗ-28 проводит следующее измерение, "Искра" обрабатывает предыдущее.

При проведении экспериментов в специальной лаборатории все этапы могут быть реализованы на базе только ЭВМ "Искра". Поскольку ЭВМ "Электроника ДЗ-28" способна реализовать третий этап, то она может быть использована достаточно автономно, что существенно при работе в стационарной полевой базе.

Эксплуатационные свойства системы существенно зависят от программного обеспечения.

При создании системы как основная цель рассматривалась не разработка конкретных программ, а облегчение их создания. Поэтому главное внимание уделялось обеспечению простоты и гибкости программирования. Это позволяет сохранить гибкость системы, поддерживаемой аппаратурой. Основой программирования обеих машин является интерпретирующая реализация диалогового языка BASIC. Расширенный BASIC ЭВМ "Искра" практически не ограничивает программ обмена информацией с внешними устройствами. Это нельзя сказать о реализации языка для ЭВМ ДЗ-28. Проблема решена путем создания пакета проблемно-ориентированных внешних подпрограмм, которые могут быть вызваны интерпретатором BASIC ЭВМ ДЗ-28. Подпрограммы написаны в машинном коде и гарантируют полное использование ресурсов аппаратуры. В основном они обеспечивают обмен информацией между ДЗ-28 и другими устройствами. Другое применение внешних подпрограмм — быстрое выполнение векторных и матричных операций. BASIC ЭВМ ДЗ-28 не имеет для этого специальных средств. Программирование векторных операций на языке BASIC позволяет реализовать около 10% быстродействия этой ЭВМ. В результате создания пакета математических подпрограмм скорость вычислений значительно возросла, что открыло возможность проявления и фильтрации спектров непосредственно на ЭВМ "Электроника ДЗ-28". Измерение и обработка данных, включая проявление спектра в случае 26-канального электрического спектрометра аэрозолей, требует около двух минут, что во многих случаях вполне приемлемо.

Систему можно использовать не только для проведения спектрометрических измерений, но и для других целей, например, для обработки микроснимков аэрозольных частиц на полуавтоматическом измерителе координат [6].

Принцип использования системы

Рассмотрим работу системы на примере проведения эксперимента с ультрафиолетовым излучением [7]. Задачей системы была непрерывная регистрация аэрозольного состояния в измерительном боксе, который находился в удалении от специализированной лаборатории. Датчик (измерительный блок многоканального электрического спектрометра аэрозолей [4]) помещался в бокс. Рядом с боксом были расположены контроллер и ЭВМ "Электроника ДЗ-28" в комплекте с устройствами ввода и вывода.

Измерения проводились непрерывно с пятиминутным циклом. В начале каждого цикла в течение примерно двух минут проводилось 20 измерительных циклов с шагом 5 с во времени. В каждом цикле опрашивались все 26 каналов, оценивались их состояния и скорректированные каналные сигналы накапливались в буфере. После последнего измерения вычислялись нормированные каналные сигналы и их дисперсия. Такая процедура реализует алгоритм [8]. На этом предварительная обработка заканчивалась. Время измерения, каналные сигналы и их дисперсии записывались на магнитную ленту. Параллельно измерениям ЭВМ "Электроника ДЗ-28" осуществляла также проявление спектра по алгоритму метода наименьших квадратов Гаусса-Маркова [9]. При этом на основе измеренных 26-канальных сигналов и их дисперсий и хранимой в ОЗУ аппаратной матрицы вычислялись значения спектральной функции в 13 узлах. Далее определялся спектр аэрозоля в виде численных концентраций в 12 фракциях. Полученные значения печатались в протокол вместе со значением времени измерения. Использование внешних подпрограмм позволяло реализовать эти вычисления за 3, 5 минуты.

После окончания эксперимента кассета с магнитной лентой была перенесена в специализированную лабораторию и информация переписывалась на диск ЭВМ "Искра". На ЭВМ "Искра" было осуществлено повторное проявление спектров. С использованием модифицированной аппаратной матрицы это дало возможность оценки методических ошибок измерения, связанных с несовершенством аппаратной матрицы. В стадии анализа вычислялись различные характеристики спектров аэрозолей в зависимости от времени. Анализ завершался оформлением результатов эксперимента (пример см. рис. 2).

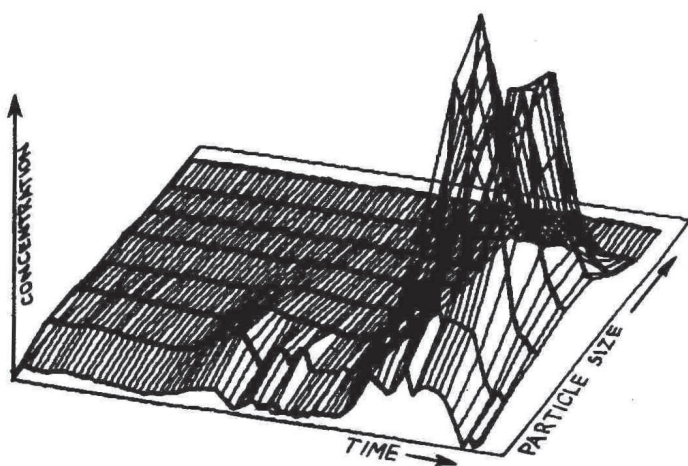


Рис. 2. Пример оформления результатов эксперимента
(Изменение спектра аэрозоля во времени).
Программу составил И.А. Пейль.

Общая продолжительность эксперимента составила 380 минут. При этом были получены 62 спектра. Из-за технических дефектов потеряно 14 спектров.

Л и т е р а т у р а

1. Таммет Х.Ф., Хиллус А.О., Салым Я.Й., Ютс Э.В. Спектрометр аэроионов для обнаружения некоторых примесей воздуха. - Учен. зап. Тарт. ун-та, 1977, вып. 409, с. 84-88.
2. Иксер К.Р., Салым Я.Й. Зависимость спектра подвижностей легких аэроионов от их возраста. - Учен. зап. Тарт. ун-та, 1981, вып. 588, с. 33-38.
3. Салым Я.Й., Рейнарт М.А. Измерение спектра подвижности аэроионов в широком диапазоне. - Учен. зап. Тарт. ун-та, 1983, вып. 648, с. 41-45.
4. Мирме А.А., Тамм Э.И., Таммет Х.Ф. Электрогранулометр аэрозольных частиц с широким пределом измерения. - Учен. зап. Тарт. ун-та, 1981, вып. 588, с. 84-92.

5. Мирме А.А. Гранулометр аэрозоля на линии с ЭВМ "Электроника ДЗ-28". - Учен. зап. Тарт. ун-та, 1981, вып. 631, с. III-II8.
6. Мирме А.А., Таммет Х.Ф., Янвер М.М., Арольд М.У., Тамм Э.И. Подуавтоматический координатомер. - Учен. зап. Тарт. ун-та, 1979, вып. 479, с. 132-138.
7. Прийман Р.Р., Кикас В.Э. Об образовании субмикронных частиц при ультрафиолетовом облучении воздуха. См. наст. сб., с.94-101.
8. Мирме А.А. Об оптимизации измерений электрическим спектрометром аэрозолей. - Учен зап. Тарт. ун-та, 1983, вып. 648, с. 59-72.
9. Таммет Х.Ф., Мирме А.А., Тамм Э.И. К проблеме электрического анализа аэрозолей. - Труды/ИЭМ, 1983, вып. 30 (104), с. 122-136.

DATA COLLECTION AND PROCESSING SYSTEM IN THE SPECTRAL
MEASUREMENTS OF AEROSOLS AND AIR IONS

T. Bernotas, E. Kolk, A. Mirme, A. Reinart and H. Tammet

S u m m a r y

The paper examines the demands which are presented to the aerosol and air-ion spectral measuring systems. The variety of tasks to be solved by a computer in the stages of data collection and of an analysis of the spectra (Table 1) makes it expedient to use the two-computer system.

The system of the Air Electricity Laboratory has been built up on the basis of the microcomputers "Electronica D3-28" and "Iskra 226". The former carries out data collection and preliminary processing, the latter carries on processing and completes computations with an analysis of the results. The computers are programmed in BASIC. The limits of the BASIC for "Electronica D3-28" have been overcome by the writing of information exchange control and vector-matrix computation subroutines in processor codes.

By way of an example the description of the measurement of aerosol size distributions is presented.