

Совместная работа мониторов обеих ЭВМ обеспечивает копирование файлов символьного формата с одной ЭВМ на другую. В этом случае используется директива с двумя параметрами. Первый из них определяет устройство, принимающее информацию, второй — устройство, передающее информацию. Для ЭВМ «Nord-10» в качестве параметра указывается имя файла из архива операционной системы SINTRAN-III, а для «Электроника-60» — логический номер любого внешнего устройства: АЦПУ, терминала, телевизионного монитора, двухкоординатного самописца, накопителя на гибких магнитных дисках. В мониторе ЭВМ «Электроника-60» имеется таблица, в которой устанавливается соответствие между логическими номерами устройств и подпрограммами ввода/вывода, обслуживающими их работу. Символьная информация передается блоками до 128 кодов в блоке. Программы для управления системой составлены на Макроассемблере. Накопление информации на дисках ЭВМ позволяет передать ЭВМ «Nord-10» информацию для логической обработки. Программы обработки выполнены на языках Фортран и Бейсик. Результаты представляются в виде графиков и таблиц. Их анализ совместно с данными, полученными при использовании рентгенографии и оптической регистрации объекта, дает возможность получить информацию о характере процессов, протекающих в образце при нагревании его мощным импульсом тока.

В заключение автор выражает благодарность П. М. Песляку, Ю. В. Шалагинову и А. П. Яну за помощь в запуске и обслуживании системы, а также С. Л. Мушеры за обсуждение работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация научных исследований: Проблемно-ориентированные системы.— Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1977.
2. Системы «Микро-КАМАК-лаб»: Проспект.— Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1982.
3. Батраков А. М. и др. Приборы для цифровой регистрации однократных импульсных сигналов.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ: Материалы Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1977.
4. Касперович А. Н., Мантуш О. М., Шалагинов Ю. В. Двухканальная система аналого-цифрового преобразования и регистрации сигналов микросекундной длительности.— ПТЭ, 1980, № 4.
5. Бондаренко Ю. В. Экспресс-обработка осциллограмм в экспериментах по электрическому взрыву проводников.— Автометрия, 1978, № 4.
6. Бредихин С. В. и др. Система регистрации быстропротекающих процессов.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ: Материалы Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1977.
7. Солобоев В. Е., Солоненко В. И. Контроллер КАМАК к ЭВМ «Электроника-60» с внутренней обработкой запросов.— Автометрия, 1980, № 4.

Поступила в редакцию 23 января 1984 г.

УДК 681.325

В. В. ВЕРНИКОВСКИЙ, М. Г. МАРАСАНОВ, В. Е. СОЛОБОЕВ

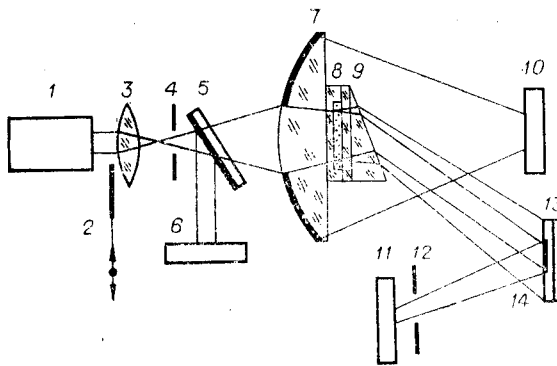
(Новосибирск)

АНАЛИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ СРЕД ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА ЛИНИИ С ЭВМ

Использование ЭВМ для работы в реальном времени в системах сбора и обработки экспериментальных данных открывает широкие возможности для развития и совершенствования измерительных систем. Например,

Рис. 1. Структурная схема оптической части установки для измерения рассеяния лазерного излучения:

1 — лазер ЛРН-202; 2 — управляемый затвор; 3 — линза; 4 — диафрагма; 5 — делительная пластинка; 6 — фотоприемник опорного излучения; 7 — линза для сбора рассеяния назад ($110-150^\circ$); 8 — проточная кювета; 9 — призма; 10 — фотоприемник рассеянного назад излучения; 11 — фотоприемник прямопрошедшего излучения; 12 — диафрагма; 13 — фотоприемник излучения, рассеянного в малые углы вперед ($5-10^\circ$); 14 — зеркало для отвода прямопрошедшего сигнала.



применение тестовых методов коррекции характерных параметров аппаратуры и метода эталонных сигналов позволяет существенно уменьшить систематические погрешности, расширить пределы допустимых колебаний параметров, упростить аналоговую часть измерительных устройств, снизить требования к стабильности и прецизионности элементов. Эффективность созданных на базе ЭВМ измерительных систем наиболее полно проявляется при организации многоканального сбора информации в условиях высоких требований к точности измерений при наличии внешних и внутрисистемных флуктуирующих факторов. В данной работе рассматривается автоматизированная система для управления процессом сбора и обработки данных о рассеянии лазерного излучения полидисперсными средами, разработанная на основе базовой лабораторной системы автоматизации научных исследований [1].

В оптической части установки (рис. 1) для определения содержания жира и белка в молоке (характерные размеры частиц жира и белка 2 и 0,1 мкм соответственно) используется зависимость угловой анизотропии рассеяния от характерного размера частиц. Измеряются интенсивности рассеяния в малые углы вперед, в большие углы назад и ослабление исходной интенсивности [2].

В процессе измерения исследуемая среда поступает в измерительную кювету 8, на которую направляется излучение лазера. Рассеянное излучение регистрируется фотоприемниками 10, 11, 13. С помощью фотоприемника 6 измеряется текущая интенсивность, точнее, ее часть, получаемая с помощью делительного элемента 5. Линза 7 служит для сбора рассеянного назад излучения, а управляемый затвор 2 — для тестовых проверок измерительного тракта.

На рис. 2 представлена структурная схема электронной части установки, созданной в стандарте КАМАК и работающей под управлением микро-ЭВМ «Электроника-60М» с операционной системой на гибких магнитных дисках. Сигналы интенсивностей светорассеяния, регистрируемые с помощью соответствующих фотоприемников (элементы 10, 11, 13 схемы рис. 1), усиливаются до оптимальных уровней и преобразуются в цифро-

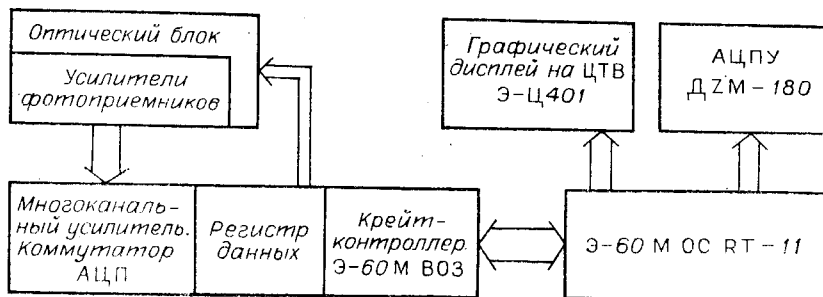


Рис. 2. Структурная схема системы сбора и обработки данных светорассеяния.

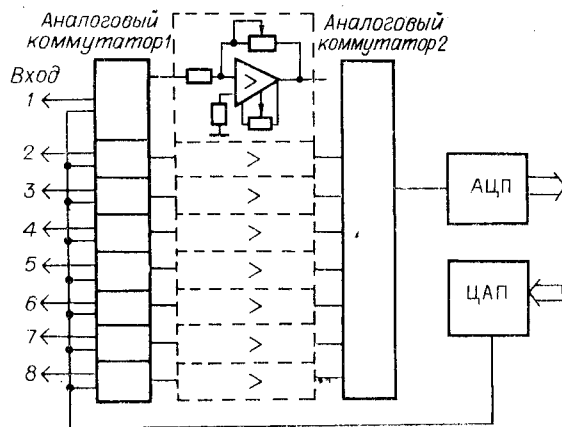


Рис. 3. Структурная схема модуля аналого-цифровой обработки данных.

вую форму. Подключение необходимого канала регистрации к АЦП осуществляется с помощью коммутатора. Структурная схема модуля аналого-цифровой обработки данных изображена на рис. 3. Управление элементами оптической схемы и дополнительными узлами установки (дозатор, гомогенизатор и др.) проводится с помощью модуля «Регистр данных»,

позволяющего осуществлять обмен цифровыми информационными и управляющими сигналами.

Погрешности измерений. Как показано на рис. 1 и 2, оптоэлектронный измерительный тракт включает лазер, несколько линейных оптических элементов, кювету с анализируемой средой, преобразователь интенсивности излучения в напряжение, коммутируемый усилитель и АЦП. С точки зрения измерения интенсивности излучения (т. е. измерения амплитудных значений сигналов) к основным параметрам измерительного тракта следует отнести стабильность источника излучения, нулевых уровней (уровней фона — для оптических элементов) тракта, коэффициентов преобразования оптических и электронных элементов. Другие характеристики (фазовые, частотные) в рассматриваемом случае не имеют существенного значения. Изменение основных параметров тракта (в зависимости от температуры, времени и т. п.) приводит к возникновению соответствующих погрешностей.

Смещение нулевого уровня измерительного тракта. Величины напряжений смещения зависят от температуры, дополнительная погрешность может вноситься цепями регулирования напряжения смещения. Оптимальным способом устранения этой погрешности измерительной аппаратуры, работающей на линии с ЭВМ, является программная коррекция результатов измерения с учетом величины смещения. Аппаратные способы, основанные на преобразовании входного сигнала постоянного тока в сигнал переменный (например, применение усилителей с ключевыми модуляторами или модуляции входного сигнала), усложняют аналоговые части измерительных устройств, повышают требования к стабильности элементов.

Мы реализовали коррекцию смещения нулевого уровня, определяя перед каждым измерением уровень смещения нуля всего оптоэлектронного тракта. Для этого использовался управляемый затвор 2, перекрывающий луч лазера на входе оптической системы. Результаты измерения напряжений смещения затем учитывались программно при предварительной обработке данных.

Нестабильность коэффициентов преобразования. Для компенсации погрешности изменения коэффициентов преобразования электронных элементов, как и в случае устранения погрешности смещения нулей, применяется метод эталонных сигналов, что не только позволяет решить эту задачу, но и избавляет экспериментатора от рутинной работы — проверки параметров с помощью тестового оборудования, т. е. коммутации всех цепей, и точной настройки. Затраты на аппаратную и программную реализации этих функций с помощью ЭВМ полностью оправданы регулярностью и объективностью контроля измерительной аппаратуры. На рис. 3 приведена структурная схема разработанного модуля КАМАК, реализующего рассмотренный способ автоматизации контроля измерений.

Код команды		Действие	Состояние сигнала	Примечание
A	F			
0	0	Чтение кода АЦП, сброс запроса	$Q = 0$	Сброс по S2
0	4	Чтение кода АЦП, сброс запроса, запуск	$Q = 0$	Сброс запроса, запуск АЦП по S2
1	20	Запись кода коммутатора 1	$Q = 0$	По S2, W1
2	20	Запись кода коммутатора 2	$Q = 0$	По S2, W1 ÷ W3
3	16	Запись кодов ЦАП	$Q = 0$	По S2, W1 ÷ W10
0	8	Проверка разрешенного запроса	$Q = 1$	Если есть запрос L
0	10	Сброс запроса	$Q = 0$	По S2
0	24	Запрещение запроса	$Q = 0$	По S2
0	25	Запуск АЦП	$Q = 0$	По S2
0	26	Разрешение запроса	$Q = 0$	По S2
0	27	Проверка статуса	$Q = 1$	Если есть статус L1

Характеристики модуля: количество усилительных каналов 8; диапазон входных сигналов $0 \div 5$ В, эталонных $0 \div 5$ В; квант эталонного сигнала 5 мВ; разрядность АЦП 12; время преобразования АЦП 30 мкс. Система команд модуля приведена в таблице.

Для учета изменений коэффициентов преобразования оптических элементов тракта (включая кювету и исследуемую среду) использовался метод дифференциальных измерений: определялись значения регистрируемых параметров от эталонной среды. Результат таких фоновых измерений затем применялся для коррекции итоговых величин.

Дрейф интенсивности источника излучения. Для учета низкочастотных изменений интенсивности источника (от долей секунды до всего периода измерений) проводилось нормирование информационных сигналов (рассеяний и ослабления) по опорному. В качестве опорного служил сигнал с делительной пластинки 5 (см. рис. 1). Естественно, этот оптический элемент должен сам иметь высокую стабильность коэффициента преобразования.

Операция нормирования (как и операции вычета фона, коррекции смещения пучка и изменения коэффициентов преобразования электронных элементов тракта) выполнялась вне реального времени измерений. Такая коррекция случайных и систематических погрешностей измерения резко повысила надежность и позволила обеспечить необходимую точность измерений.

Характерной особенностью измерения интенсивности излучений является необходимость учета погрешностей статистического характера (шумов источника излучения, приемников, анализируемой дисперсной среды). Для коррекции таких погрешностей необходимо определить средние в

выступают в качестве обеспечивающих элементов. В зависимости от типа АЦП (интервала интегрирования и числа выборок). Вопрос о выборе типа АЦП должен решаться на основе рассмотрения конкретных условий и особенностей измерения.

Для проведения многоканальных измерений на базе АЦП интегрирующего типа требуется несколько (по числу одновременно обслуживаемых каналов) преобразователей. Кроме того, теряется информация о поведении исследуемого сигнала в течение времени интегрирования, и имеются некоторые ограничения на длительность этого интервала. Использование АЦП дискретных выборок в целом ряде случаев предпочтительней. В некоторых задачах для определения нормированных средних значений достаточно двух АЦП: один всегда занят обслуживанием канала опорного сигнала, на вход второго поочередно коммутируются информационные сигналы. Если реализуемая частота выборок достаточна (с точки зрения приемлемой величины относительной среднеквадратической погрешности измерения), то такой способ позволяет существенно минимизировать оборудование. Возможен также вариант применения только одного АЦП, но в комплексе со схемами выборки и хранения [4]: значения сигналов, одновременно фиксируемые по всем измерительным каналам, затем последовательно коммутируются на вход АЦП.

Программные средства. Программные средства разработаны в рамках базового программного обеспечения семейства ЭВМ «Электроника».

Все программы (за исключением некоторых подпрограмм на Макро-ассемблере, включенных в основные программы) написаны на языке высокого уровня Паскаль. Использование этого языка позволило легко расчленять программы на отдельные законченные модули. Развитое представление данных дает широкие возможности для работы.

Базовая программа — монитор — по командам оператора или в зависимости от состояния системы и внешних сигналов выбирает режим работы системы и запускает программы, реализующие функции управления процессами измерения, калибровки, эталонирования измерительного тракта, математической обработки, хранения и документирования результатов. Общая структура программного комплекса приведена на рис. 4.

Особое место в программном комплексе занимает измерительная программа, которая определяет схему измерений, обеспечивает точность

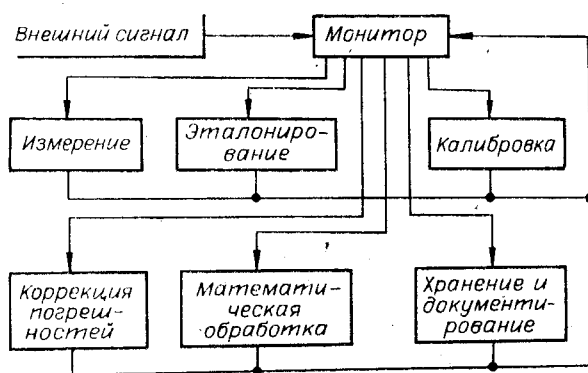


Рис. 4. Общая схема функционирования программного обеспечения.

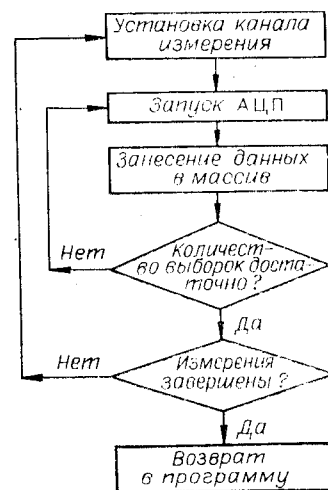


Рис. 5. Структурная схема программы измерения.

и достоверность результатов. Структурная схема программы измерения показана на рис. 5. Подпрограмма установки осуществляет коммутацию требуемого канала измерения на вход АЦП, формирует необходимую временную диаграмму запуска преобразования, переключения каналов измерения или сигналов эталонирования элементов тракта.

Результаты измерений оформляются в виде массивов данных по каждому информационному каналу и массивов измерений опорного сигнала. По результатам фоновых измерений и измерений параметров тракта производится коррекция всех рассмотренных погрешностей.

Разработанные программные средства полностью обеспечивают функционирование системы по сбору и предварительной обработке данных. В дальнейшем на основе анализа полученных экспериментальных результатов разрабатывается математическая модель определения компонент исследуемой среды, которая и включается в программу математической обработки.

Экспериментальные результаты. Рассматриваемая система была использована для определения с помощью метода светорассеяния процентного содержания жира (F) и белка (P) в молоке. Основными задачами являлись поиск алгоритмов для нахождения F и P по сигналам светорассеяния и их экспериментальная проверка.

Результаты измерений, прошедшие предварительную обработку (коррекция с учетом текущих значений параметров оптоэлектронного усилительного тракта, нормирование по опорной величине, коррекция по измерению эталонной среды), далее обрабатывались по созданной математической модели. Эта обрабатывающая часть программных средств

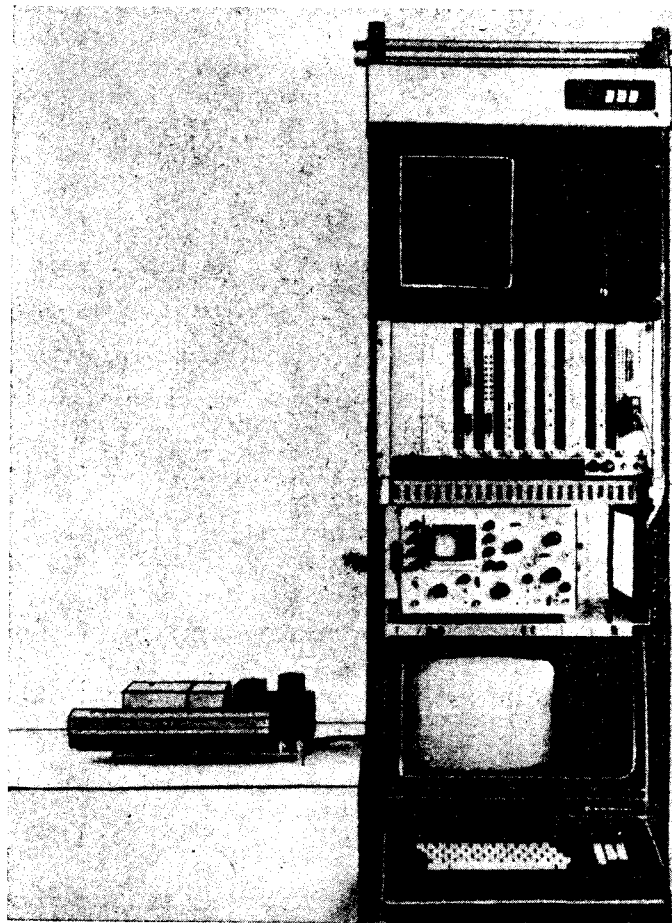


Рис. 6. Общий вид установки.

наиболее подвержена изменениям, так как модельные алгоритмы могут постоянно совершенствоваться и уточняться. Для примера приведем алгоритм определения содержания жира, учитывающий вариации показателя преломления и распределения по размерам жировых частиц. Алгоритм представляет собой итеративную процедуру, основанную на соотношении

$$F = F_T / (1 + M_T \Delta M + R_T \Delta R).$$

Здесь F_T , F — жирность молока, определенная по ослаблению, рассеянию назад, рассеянию вперед, и жирность, скорректированная по вариациям показателя преломления и размеров жировых шариков; ΔM , ΔR — поправки на соответствующие вариации показателя преломления и размеров жировых шариков; M_T , R_T — коэффициенты, определяемые из специальных экспериментов по двойной гомогенизации и измерению содержания лактозы.

Использование этого экспериментального алгоритма с учетом всех мер, предпринятых для повышения точности измерения, дало следующие результаты:

1. Среднеквадратичное отклонение среднего из пяти измерений от данных арбитражного химического метода Розе — Готлиба для семи проб сырого и пастеризованного молока из трех хозяйств составило $\pm 0,05\%$ (от абсолютного содержания).

2. Среднеквадратичное отклонение результатов измерений пробы от средней величины $0,01\%$.

Заключение. Разработана и создана на основе КАМАК-персонализации базового комплекса микро-ЭВМ «Электроника-60М» система многоканального сбора и обработки данных, реализующая программно-управляемую коррекцию обрабатываемых сигналов по эталонным сигналам. Система использована для анализа многокомпонентных полидисперсных систем методами светорассеяния. Получено существенное уменьшение систематических погрешностей и повышение надежности измерений при большом количестве внутрисистемных и внешних флуктуирующих факторов. Общий вид установки показан на рис. 6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев О. З., Золотухин Ю. Н., Прохожев О. В., Ян А. П. Базовые конфигурации систем «Микро-КАМАК-лаб». — Автометрия, 1984, № 4.
2. Атутов С. Н. и др. Двухпараметрический лазерный нефелометр. — Автометрия, 1981, № 3.
3. Мирский Г. Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов. — М.—Л.: Энергия, 1967.
4. Литвинов Н. В., Служев В. А. Аналоговые запоминающие устройства. — В кн.: Автоматизация эксперимента. Новосибирск: ИАПЭ СО АН СССР, 1976.

Поступила в редакцию 23 января 1983 г.

УДК 681.3 : 578.088.78

С. В. АСТАФЬЕВ, В. П. ТРЕТЬЯКОВ, М. Б. ШТАРК, Г. Я. ЯНОВСКИЙ

(Новосибирск)

АППАРАТНОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УНИФИЦИРОВАННОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В последние годы в техническом оснащении нейробиологических экспериментов все шире применяются программно совместимые ЭВМ («Электроника-60», СМ-3, СМ-4 и т. д.) и аппаратура КАМАК. Сейчас можно констатировать, что, несмотря на известные преимущества экспериментальных установок, оснащенных ЭВМ [1, 2], пользователи столкну-