

H-581

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

10-80-85

НЕФЕДЬЕВ  
Олег Константинович

АППАРАТУРНОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ  
С МНОГОМЕРНЫМ АНАЛИЗОМ НА БАЗЕ МИНИ-ЭВМ

Специальность 05.13.06. - автоматизированные системы  
переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Дубна 1980

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель: Фефилов  
кандидат технических наук Борис Владимирович

Официальные оппоненты: Офенгенден  
доктор технических наук Рафаил Гецелевич

доктор физико-математических наук Акимов  
Юрий Константинович

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Ленинградский институт ядерной физики им.Б.П.Константинова  
АН СССР.

Автореферат разослан " " \_\_\_\_\_ 1980 года

Защита диссертации состоится " " \_\_\_\_\_ 1980 года  
в " " часов на заседании Специализированного совета Д047.01.04  
при Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ,  
г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета  
кандидат физико-математических наук

З.М.Иванченко

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность проблемы

Решение широкого круга задач в области ядерной физики низких энергий и, в частности, физики тяжелых ионов неразрывно связано с автоматизацией физического эксперимента, с развитием комплексных методов многомерного анализа, дающих более полную информацию об исследуемых процессах и позволяющих более эффективно и экономично использовать работу дорогостоящих экспериментальных установок.

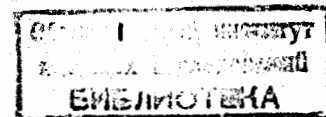
В Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований проведение многомерных измерений также связано и зависит от автоматизации, поскольку в реальном времени требуется выполнять сложные алгоритмы отбора полезных событий из многомерных распределений и проводить экспрессную обработку измеряемой информации.

Для решения данной проблемы в ЛЯР ОИЯИ с 1970 года ведутся работы по перестройке и развитию измерительно-вычислительного комплекса (ИВК) на базе средств вычислительной техники.

### Цель работы

Рассматриваемые в диссертации вопросы связаны с решением проблемы автоматизации проведения физических экспериментов с многомерным анализом для ИВК ЛЯР, т.е. автоматизации процессов сбора, накопления, отбора, представления и предварительной обработки экспериментальных данных, полученных с физических установок, работающих на пучках тяжелых ионов ускорителей У-300 и У-200. Автору требовалось разработать, создать и внедрить в физические эксперименты автоматизированные измерительные системы на основе мини-ЭВМ, экспериментальной электронной аппаратуры и целевого проблемно-ориентированного математического обеспечения (т.н. измерительные физические модули). При разработке данных измерительных систем требовалось решить следующие основные задачи:

- а) обеспечить интерактивное взаимодействие экспериментатора с системой при проведении экспериментов;
- б) разработать гибкие аппаратные и программные методы отбора



полезных событий при исследовании процессов ядерных взаимодействий с малыми сечениями на интенсивном фоне более вероятных процессов;

- в) разработать удобные и оперативные диагностические средства систем для отображения и контроля хода выполнения эксперимента;
- г) повысить точность и достоверность получаемых в эксперименте результатов при возможном уменьшении непроизводительных затрат труда и времени экспериментатора.

Для решения перечисленных задач требовалось:

- а) разработать структуру и управление измерительных физических модулей;
- б) разработать необходимые аппаратные средства систем: устройства отображения экспериментальных данных на ЭЛТ (точечные графические дисплеи), блоки цифрового отбора, блоки динамической памяти, блоки управления и сопряжения датчиков и устройств с каналами мини-ЭВМ, блоки связи с ЭВМ второго уровня ИВК;
- в) создать проблемно-ориентированное математическое обеспечение и специализированный диалоговый язык общения (язык директив) пользователя с системой.

#### Научная новизна

- а) впервые в СССР и в других странах-участницах ОИЯИ разработан и введен в эксплуатацию спектрометрический измерительный модуль на основе мини-ЭВМ, работающий на линии с физическими установками /1,2/;
- б) проведен анализ взаимосвязей аппаратных и программных средств, благодаря чему найдено рациональное распределение функций между ними и получены оптимальные характеристики измерительных модулей при относительно небольших денежных затратах;
- в) применен модульный принцип построения аппаратных и программных средств, который обеспечивает оперативную перестройку систем при смене эксперимента;
- г) найдены новые схемотехнические решения для ряда электронных блоков измерительных систем;

- д) разработано проблемно-ориентированное математическое обеспечение с диалоговым языком общения экспериментатора с системой;
- е) предусмотрена работа измерительных модулей в многоуровневых вычислительных системах, в данном случае -- в рамках единой системы обработки спектрометрической информации в ОИЯИ.

#### Практическая ценность и реализации работы

1. Созданные измерительные модули являются действующими системами, которые успешно используются в физических экспериментах (их поэтапное внедрение начато с 1970 года). Полученные физические результаты перечислены в четвертой главе.

2. Разработанные аппаратные и программные средства систем использованы в ЛЯР при создании новых измерительных физических модулей для многоаппаратного измерительно-вычислительного комплекса ускорителя тяжелых ионов У-400.

3. Ряд аппаратных и программных разработок (контроллер крейта мини-ЭВМ ТРА/1 /12/, интерфейсы двумерных амплитудных кодировщиков /15/ и программное обеспечение ЮПИТЕР /9/) нашли применение в ГДР (Институт ядерных исследований, Россендорф), в НРБ (Институт ядерных исследований и ядерной энергетики, София), в МНР (Университет, Улан-Батор) и ряде институтов СССР.

4. Созданные аппаратные и программные средства могут быть использованы в различных областях науки и производства при разработках типовых измерительных комплексов, выполненных на основе отечественных мини-ЭВМ, электронной аппаратуры в стандарте КАМАК и проблемно-ориентированном программном обеспечении.

#### Апробация работы

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международных симпозиумах по ядерной электронике в Варшаве (1971г.), в Будапеште (1973г.), на Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований в ядерной физике в Киеве (1976г.) и на научных семинарах Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

#### Публикации

По результатам диссертации опубликовано 18 работ.

## Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы (94 наименования). Общий объем диссертации - 161 страница (включая 44 рисунка).

## II. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении сформулированы поставленные задачи, обоснована их актуальность, освещена структура диссертационной работы.

Первая глава является обзорной. В ней рассмотрены наиболее полно опубликованные в печати известные зарубежные и отечественные измерительные системы для многомерного анализа, а также показаны современные тенденции их развития.

Предложена классификация измерительных систем по двум типам логики выполнения вычислительных устройств:

- 1) системы с западной (фиксированной) логикой работы;
- 2) системы с программируемой (запоминаемой) логикой работы.

К измерительным системам первого типа отнесены многомерные анализаторы и специализированные регистраторы, имеющие цифровые устройства с жесткими функциями программного управления.

К измерительным системам второго типа отнесены автоматизированные системы, основанные на ЭВМ разных классов, имеющие гибкие функциональные логические и вычислительные возможности.

На конкретных примерах показаны особенности классифицированных систем, причем особое внимание уделено методом отбора полезной информации из многомерных распределений (ассоциативным, цифровым окнам, зонам, матрицам).

Показано, что при ограниченных объемах оперативной памяти измерительных систем (16К-32К слов) отбор полезной информации обычно выполняется для ряда "ценных" областей многомерного распределения (например, для участков с резко выраженными резонансами, для участков, положение которых априорно задано).

Рассмотрены измерительные системы с многоуровневой структурой, которые наиболее полно обеспечивают функции по выполнению автоматизированного эксперимента. Как правило, они состоят из измерительных модулей на основе мини-ЭВМ, базовых ЭВМ и ЭВМ центрального вычислительного комплекса.

Вторая глава посвящена вопросам разработки трех измерительных модулей с аппаратным и программным отбором данных (блок-схема одного из них представлена на рис. 1).

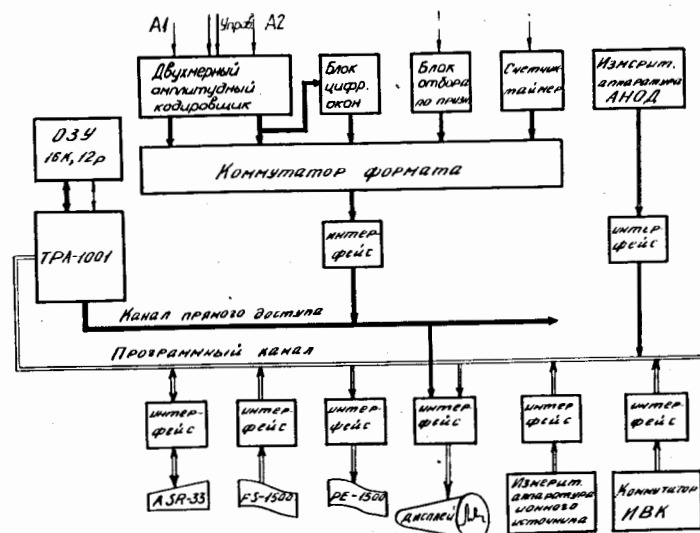


Рис.1. Блок-схема измерительного модуля многомерного анализа с аппаратным отбором данных.

Данные системы обеспечивают связь с экспериментальной установкой, с пользователем, с базовой ЭВМ второго уровня, выполняют отбор, регистрацию и экспресс-обработку экспериментальных данных. Они удовлетворяют следующим общим требованиям:

- а) открыты для расширения, способны к развитию без коренной перестройки первоначальной структуры;
- б) способны перестраивать свою работу в соответствии с изменениями условий эксперимента;
- в) ориентированы на автоматизацию отдельных групп типовых экспериментов и на работу в многоуровневом комплексе с перерас-

пределением (дифференциацией) выполняемых функций.

В главе описана разработанная электронная аппаратура данных измерительных систем, подключение которой к каналам мини-ЭВМ выполнено через интерфейсы непосредственного сопряжения (для систем второго поколения) и через интерфейсы КАМАК буферно-сопряжения (для систем третьего поколения).

К числу разработанных аппаратурных средств систем относятся:

- устройства отображения графической информации на базе осциллоскопа RG-96 (точечные графические дисплеи)<sup>/3/</sup>, предназначенные для визуализации экспериментальных данных, экспресс-анализа и оперативного взаимодействия пользователя с ЭВМ;

- блок динамической оперативной памяти емкостью 4К x 8 бит в стандарте КАМАК<sup>/16/</sup>, который может быть использован как буферная память при интегральном наборе спектров, для регенерации изображения гистограмм спектров в дисплеях, для хранения адресов активных зон или кодов цифровых окон при ассоциативных методах отбора информации;

- таймер с программным управлением в стандарте КАМАК<sup>/17/</sup>, отличительной особенностью которого является "плавное" деление частоты внутри двоичного временного интервала. В экспериментах он используется в качестве измерителя временного распределения событий относительно импульса "Старт", генератора тактируемых импульсов промежуточной частоты и часов реального времени;

- блоки цифрового отбора<sup>/7, II/</sup>, которые используются при многомерных измерениях с интегральными методами накопления экспериментальных данных. Из общего множества возможных дескрипторов они отбирают лишь те, которые несут наиболее важную информацию и получают право регистрации в оперативной памяти систем.

В третьей главе рассмотрены вопросы, связанные с разработкой и созданием программного обеспечения измерительных модулей (см. рис.2), которое предоставляет экспериментатору удобный аппарат для проведения многомерных измерений в области физики тяжелых ионов.

В 1969 году в лабораторию была поставлена лишь часть программного обеспечения, которая позволяла программировать задачи в области научных исследований. Отсутствие программного обеспечения, которое выполняло бы функции по автоматизированно-

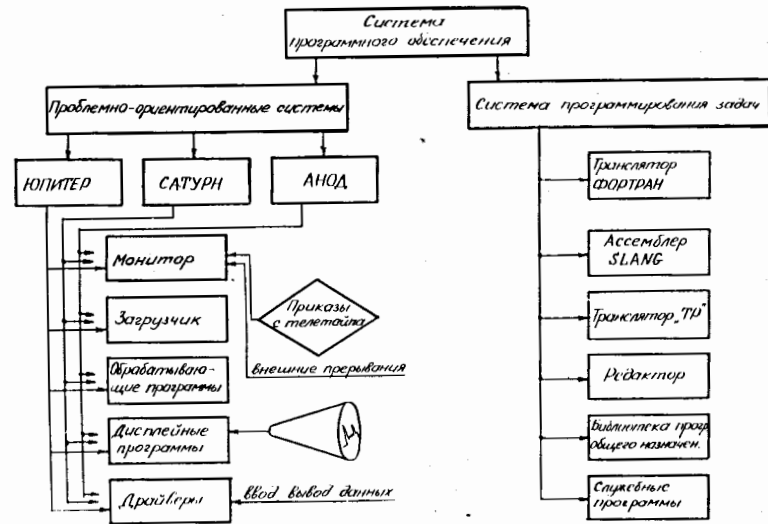


Рис. Блок-схема программного обеспечения измерительных модулей.

му ведению эксперимента, потребовало от автора разработки трех перфоленточных проблемно-ориентированных систем реального времени ЮПИТЕР, АНОД и САТУРН<sup>/5,9,13/</sup>. Они имеют модульный принцип построения, который обеспечивает возможность легкого пополнения систем и расширения сферы их применения при развитии технических средств и методов обработки.

Программные модули в системах оформлены по строго определенным правилам, написаны на языке ассемблер, благодаря чему были созданы наиболее компактные и быстродействующие программы, что очень важно при ограниченности ресурсов ОЗУ мини-ЭВМ.

Для выполнения поставленных экспериментальных задач были разработаны следующие программные модули:

а) модуль, обеспечивающий диалог и организующий управ-



ление системой (монитор реального времени);

б) модуль, организующий работу точечного графического дисплея;

в) модули ввода-вывода информации, обеспечивающие управление экспериментальными блоками и устройствами (драйверы);

г) набор модулей предварительной обработки экспериментальных данных;

д) модули программ общего назначения.

Данные программные модули расположены на трех приоритетных уровнях:

- низший уровень занимает программный модуль организации работы дисплея, который в процессе набора статистики осуществляет визуальное представление измеряемых спектров;

- средний уровень выделен для монитора диалогового языка;

- на высшем уровне находятся модули приема данных от экспериментальной аппаратуры и модули управления экспериментом.

Разработан диалоговый язык общения (язык директив), который предоставляет пользователю системные средства для организации активного взаимодействия "человек-ЭВМ" посредством сообщений, вводимых с терминала. Он учитывает специфику решаемых проблем и не требует от пользователя каких-либо специальных знаний из области программирования. Режим диалога создает необходимые удобства в управлении работой систем, а набор директив хорошо отражает их проблемную ориентацию. Директивы просты, легко запоминаемы, объединены в специальную таблицу приказов. Каждому приказу соответствует своя программа. Расширение системы сводится к включению в таблицу приказа нового наименования, а в систему - соответствующей программы.

Разработаны и описаны алгоритмы, реализующие отбор полезных событий методами цифровых окон и ассоциативных зон. При данных методах отбора 8К ячеек оперативной памяти разбиваются на два поля: информационное поле (для основной информации) и справочное поле (для вспомогательной информации). Информационное поле емкостью 4К x 18 бит используется для интегрального счета отобранных событий или буферного накопления дескрипторов с последующим сбросом на перфоленду или в ЭВМ второго уровня. Справочное поле емкостью 4К x 6 бит используется для трансфор-

мирования (преобразования) цифровых кодов событий (активных дескрипторов) в адреса ячеек ОЗУ (каналы), в которых производится счет событий. Такое функциональное деление ОЗУ позволило максимально увеличить быстродействие связей в системах и свести к минимуму время поиска активных дескрипторов.

Для вычисления небольших арифметических выражений разработан транслятор "TR", который может быть легко подключен к любой проблемно-ориентированной системе.

В четвертой главе рассмотрены вопросы применения разработанных автором измерительных модулей в экспериментах по основным научным направлениям Лаборатории ядерных реакций.

Практически все эксперименты с многомерным анализом проводятся на пучках тяжелых ионов ускорителей У-200 и У-300 и измерительные модули находятся в непосредственном контакте (на линии) с экспериментальными установками, с их источниками и приемниками информации.

Измерительный модуль с аппаратным отбором данных /7/ используется для исследования свойств изотопов, удаленных от линии  $\beta$ -стабильности, изучения свойств альфа, бета, гамма и протонного канала распада короткоживущих ядер. Эксперименты проводятся с помощью масс-сепаратора ВЭМС-2, работающего на линии с циклотроном У-300. Поскольку не вся получаемая на установке многомерная информация представляет интерес для экспериментатора, то производится уменьшение избыточности путем быстрого предварительного отбора (используется блок отбора по управляющим признакам). За прошедшее время были получены и идентифицированы 5 новых протонных излучателей  $^{116}\text{Cs}$ ,  $^{118}\text{Cs}$ ,  $^{117}\text{Ba}$ ,  $^{119}\text{Ba}$  и  $^{121}\text{Ba}$  /11/, измерены их периоды полураспада, протонные спектры, определены полные энергии распада. Исследованы распадные характеристики новых нейтронодефицитных изотопов  $\text{Ce}$ ,  $\text{La}$ ,  $\text{Pr}$ ,  $\text{Nd}$ ,  $\text{Pm}$  и  $\text{Sm}$ .

Данный измерительный модуль используется также и для изучения мгновенного гамма-излучения и изомерных состояний нейтронодефицитных ядер, возбужденных в реакциях с тяжелыми ионами. Отбор полезной информации выполняется блоком цифровых окон. С помощью данной системы впервые были изучены высокоспиновые многоквaziчастичные состояния в нейтронодефицитных ядрах  $^{198}\text{Bi}$  -  $^{204}\text{Bi}$  и  $^{207}\text{At}$ .

Измерительный модуль с программным отбором данных /13, 14/ используется для изучения процессов ионизации внутренних атомных оболочек и исследования явления образования квазимолекул. С помощью данной системы впервые были обнаружены и изучены свойства высокоэнергетических компонент так называемого квазимолекулярного рентгеновского излучения, в том числе для сверхтяжелых квазимолекул с порядковым номером  $Z = 114$ .

Получены новые результаты о механизме образования вакансий во внутренних атомных оболочках при столкновениях тяжелых ионов.

Измерительный модуль многомерного анализа редких событий (АНОД) /4, 5/, блок-схема измерительной части которого приведена на рис. 3, используется для изучения множественности мгновенных нейтронов при спонтанном делении ядер, отличающихся аномальным составом нуклонов.

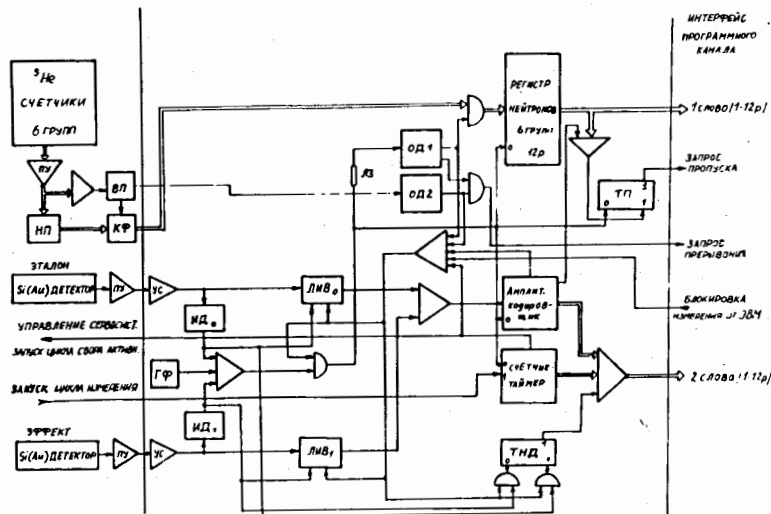


Рис. 3. Блок-схема измерительной части системы многомерного анализа редких событий (АНОД)

Эксперименты с использованием АНОДа проводятся на выведенном пучке циклотрона У-300. Для каждого акта деления определяются: амплитуды осколков, время их появления и количество нейтронов, зарегистрированных  $^3\text{He}$ -счетчиками. Накопление данных выполняется в буферном виде. На экран дисплея в интегрированном виде можно вывести до 30 различных гистограмм (амплитудные спектры для осколков деления, временное распределение актов деления и т.д.).

С помощью данной системы измерены распределения множественности мгновенных нейтронов  $P_n$  при спонтанном делении ряда короткоживущих изотопов Cf, Fm и No. Определены параметры распределения  $\bar{\nu}$  (среднего числа мгновенных нейтронов),  $\sigma_n^2$  (дисперсии числа нейтронов) и  $\tau_{1/2}$  (периодов полураспада). Детальная информация о мгновенных нейтронах спонтанного деления для столь тяжелого и короткоживущего изотопа, как  $^{252}\text{No}$ , получена в мировой практике впервые /10/.

### Ш. В В О Д Ы

I. Рассмотрены современные тенденции развития и применения измерительных систем в физических экспериментах с многомерным анализом. Дана классификация систем по логике работы вычислительных устройств и по наиболее характерным существенным признакам.

Сформулированы основные требования к одноуровневым и многоуровневым измерительным системам для комплексной автоматизации многомерных измерений в области физики тяжелых ионов.

II. Разработаны и созданы три измерительных физических модуля для многомерных измерений:

- измерительный модуль многомерного анализа с аппаратным отбором данных;
- измерительный модуль для многомерного анализа редких событий (анализатор нейтронов и осколков деления - АНОД);
- измерительный модуль многомерного анализа с программным отбором данных на линии с ЭВМ второго уровня.

Для созданных систем решены следующие задачи:

I. Разработан набор электронных функциональных блоков: счетчики-таймеры, блоки динамической памяти, блоки цифрового

отбора (по управляющим признакам и цифровым окнам), интерфейсы экспериментальных устройств, имеющих непосредственную и буферную связь с каналами мини-ЭВМ.

2. Разработаны точечные графические дисплеи с произвольной выборкой информации. Режим визуализации данных выполняется параллельно с режимом измерения.

3. Создан мультиплексный канал связи измерительных модулей с анализаторами измерительного центра <sup>1/8</sup>. Сброс информации из анализаторов в мини-ЭВМ используется для экспресс-анализа и предварительной обработки спектров.

4. Разработано проблемно-ориентированное математическое обеспечение измерительных модулей: ЮПИТЕР, АНОД, САТУРН для работы в реальном масштабе времени, которое позволяет автоматизировать сбор, накопление, отбор и простейшую математическую обработку информации в ходе эксперимента, осуществлять вывод данных на периферийные устройства и базовую ЭВМ второго уровня.

5. Разработаны программы ввода, накопления и сортировки информации, которые включены в состав проблемно-ориентированной системы СПОРС базовой ЭВМ второго уровня.

6. Создан специализированный язык директив, обеспечивающий работу экспериментатора с мини-ЭВМ измерительных модулей в режиме диалога. Набор интерактивных приказов (инструкций) выдается экспериментатором с терминала, в качестве которого используется телетайп.

7. Разработаны программные средства отбора и сжатия экспериментальной информации (методы цифровых окон и ассоциативных зон). Отбор выполняется с минимальным временем поиска полезных дескрипторов в общем объеме многомерного распределения.

8. Найдено наиболее оптимальное распределение функций между аппаратными и программными средствами измерительных систем.

III. Разработанные автором измерительные модули внедрены в практику физических экспериментов Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ, большинство которых проводится на линии с экспериментальными установками на пучках тяжелых ионов ускорителей У-300 и У-200.

## IV. ЛИТЕРАТУРА

1. Ланг И., Нефедьев О.К., Фефилов Б.В. Применение малой ЭВМ ТРА для накопления и обработки экспериментальных данных в реальном масштабе времени. Сообщение ОИЯИ, 10-5296, Дубна, 1970.
2. Ланг И., Нефедьев О.К., Фефилов Б.В. Общая организация работы измерительной системы с применением ЭВМ ТРА в реальном масштабе времени, Сообщение ОИЯИ, 10-5536, Дубна, 1970.
3. Ланг И., Нефедьев О.К., Фефилов Б.В. Некоторые применения малой ЭВМ ТРА-1001 для экспериментов на ускорителях тяжелых ионов ОИЯИ. В кн.: Труды VI Международного симпозиума по ядерной электронике, ОИЯИ, Д13-6210, Дубна, 1972, с.324.
4. Нефедьев О.К., Субботин В.Г. Аппаратура для измерения среднего числа нейтронов при спонтанном делении на линии с ЭВМ ТРА. В кн.: Труды VI Международного симпозиума по ядерной электронике. ОИЯИ, Д13-6210, Дубна, 1972, с.329.
5. Даковский М., Лазарев Ю.А., Ланг И., Нефедьев О.К., Бирулев М.С. Анализатор нейтронов деления на линии с малой ЭВМ ТРА-1001. Сообщение ОИЯИ, 13-6520, Дубна, 1972.
6. Ланг И., Нефедьев О.К., Третьяков Ю.П., Фефилов Б.В. Автоматическое измерение и обработка зарядовых спектров источника многозарядных ионов. ПТЭ, 1973, № 3, с.92.
7. Нефедьев О.К., Шульце В. Двухмерный анализатор с цифровыми окнами на линии с малой ЭВМ ТРА-1001. Сообщение ОИЯИ, 13-7288, Дубна, 1973. В кн.: Труды VII Международного симпозиума по ядерной электронике. ОИЯИ, Д13-7616, Дубна, 1974, с.23.
8. Нгуен Хак Тхи, Нефедьев О.К., Челноков Л.П. Мультиплексный канал многомерных измерительных систем с малой ЭВМ. В кн.: Труды VII Международного симпозиума по ядерной электронике. ОИЯИ, Д13-7616, Дубна, 1974, с.124.
9. Беляева Л.Н., Ланг И., Намсрай Ю., Нефедьев О.К. Общая организация программного обеспечения экспериментального физического модуля на базе малой ЭВМ ТРА-1001/1. Сообщение ОИЯИ, 10-7837, Дубна, 1974.



10. Лазарев Ю.А., Даковский М., Нефедьев О.К., Оганесян Ю.Ц. Множественность мгновенных нейтронов при спонтанном делении изотопа I02 элемента с массовым числом 252. Сообщение ОИЯИ, Р15-8095, Дубна, 1974.
11. Богданов Д.Д., Воборжил И., Демьянов А.В., Карнаухов В.А., Нефедьев О.К., Петров Л.А. Исследование распада излучателей запаздывающих протонов  $^{121}\text{Ba}$ ,  $^{119}\text{Ba}$ ,  $^{116}\text{Cs}$ . ЯФ, 1976, т.24, вып.1, с.9.
12. Нгуен Вьет Зунг, Нгуен Хак Тхи, Нгуен Минь Као, Нгуен Фук, Нефедьев О.К. Контроллер крейта в стандарте КАМАК для связи ЭВМ ТРА/Г по программному каналу. ПТЭ, 1976, 12, с.50.
13. Нефедьев О.К., Герстенбергер Р., и др. Спектрометрическая измерительная система в стандарте КАМАК на основе мини-ЭВМ ТРА/Г. В кн.: Тезисы докладов I Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. ИЯИ АН УССР, Киев, 1976, с.62.
14. Фефилов Б.В., Нефедьев О.К. и др. Автоматизация физических экспериментов на ускорителе тяжелых ионов с использованием ЭВМ "Минск-32". В кн.: Тезисы докладов I Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. ИЯИ АН УССР, Киев, 1976, с.61.
15. Герстенбергер Р., Нефедьев О.К. Блок сопряжения АЦП типа КА-2048 с магистралью крейта. Сообщение ОИЯИ, 10-10752, Дубна, 1977.
16. Герстенбергер Р., Нефедьев О.К., Челноков Л.П. Блок динамической памяти 4К x 8 в стандарте КАМАК. Сообщение ОИЯИ, 13-12308, Дубна, 1979.
17. Нефедьев О.К., Челноков Л.П. Таймер с программным управлением в стандарте КАМАК. Сообщение ОИЯИ, 13-12767, Дубна, 1979.
18. Нгуен Хак Тхи, Нефедьев О.К., Фефилов Б.В. Многомерный анализатор на базе системы МАКАМАК. Препринт ОИЯИ, 13-12782, Дубна, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 февраля 1980 года.