

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ВОЛЧИНСКИЙ ВЛАДИМИР ГРИГОРЬЕВИЧ

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ ФОТОРОЖДЕНИЯ НА НУКЛОНАХ
И ЛЕГКИХ ЯДРАХ НА ЛИНЕЙНО-ПОЛЯРИЗОВАННОМ ФОТОННОМ ПУЧКЕ

01.04.01. - Техника физического эксперимента, физика
приборов, автоматизация физических
исследований

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ереван-1993

Работа выполнена в Ереванском физическом институте

Научные руководители: кандидат физико-математических наук,
АКЖИНИ Г.Г.

кандидат физико-математических наук,
ГАЛСТЯН П.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
МКРТИНИ С.О. Государственный
инженерный университет Армении (ГИУА)

кандидат технических наук
ВАГТАНИН Г.С. (ЕРФИ)

Ведущая организация: Ереванский Государственный
Университет (ЕГУ)

Защита состоится "___" _____ 199 г. в "___"
часов на заседании специализированного совета К 034.03.01
при Ереванском физическом институте (г.Ереван-36, ул.
Бр.Алиханянов, д.2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Ереванского физического института.

Автореферат разослан "___" _____ 199 г.

Ученый секретарь специализированного
совета, кандидат технических наук

С.Г.Анания

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Экспериментальные исследования процессов фоторождения и фоторасщепления на малонуклонных ядрах реальными и виртуальными фотонами представляют в настоящее время одну из наиболее актуальных задач ядерной физики промежуточных энергий ($E_\gamma \leq 4-6$ ГэВ).

Малонуклонные системы являются, очевидно, наиболее удобными объектами для проведения фундаментальных исследований по следующим направлениям:

1. Исследование структуры волновых функций на малых и средних расстояниях, в частности веса и структуры парных $N-N$ корреляций.

2. Изучение механизмов процессов, в том числе включающих структуры nN -взаимодействия, роли мезонных и изобарных токов, а также взаимодействия в конечном состоянии. Исследование поведения модификаций нуклонов и адронов в ядерной среде, off-shell поведения элементарных γN и nN амплитуд.

3. Поиск экзотических шестикварковых возбужденных состояний (дибарионных резонансов), предсказываемых феноменологическими моделями в рамках квантовой хромодинамики (КХД).

В начале 80-х годов в Ереванском физическом институте впервые были проведены исследования по реакции фоторасщепления дейтрона ($\gamma d \rightarrow np$) на линейно-поляризованном фотонном пучке, которые были стимулированы известными результатами Аргоннской Лаборатории по поляризационным сечениям σ - σ -взаимодействия ($E_\gamma = 600$ МэВ, $\theta_{cm} \approx 90^\circ$), и эти данные были интерпретированы как проявление дибарионных резонансов ${}^4D_2(2.11)$, ${}^3F_3(2.26)$ и ${}^4G_1(2.45)$.

Проявление структуры в сечениях и полях для многих процессов оказалось возможным объяснить в рамках пороговых эффектов или же как проявления структуры $\Delta-N$ взаимодействия ($\Delta_{33}(1232) - N(938)$), а также при учете релятивистских эффектов, в том числе и на уровне спиновых переменных. Проблема дальнейшего углубления теоретического понимания механизмов исследуемых процессов требует привлечения новых экспериментальных данных поляризационного типа для проведения феноменологического анализа.

Цель работы. Основная цель настоящей работы заключается в следующем:

1. Создать автоматизированную экспериментальную установку, оснащенную современной электронной аппаратурой, функционирующей в линию с ЭВМ, для проведения исследований процессов фоторасщепления $\gamma d \rightarrow pn$, $\gamma A \rightarrow pnX$ ($A = {}^4\text{He}, {}^6\text{Li}$) и когерентного фоторождения $\gamma d \rightarrow \pi^0 d$ на линейно-поляризованном пучке фотонов. Основные требования, предъявляемые к установке можно сформулировать следующим образом:

- модернизация традиционной аппаратуры и разработка новой специализированной помехоустойчивой электроники для работы на ускорителе в условиях интенсивных пучков тормозного излучения ($I_\gamma > 10^9$ фотон/сек):

- создание автоматизированной системы по измерению и контролю параметров спектра когерентного тормозного излучения (КИ) на базе нового 30-ти канального парного спектрометра:

- улучшение параметров экспериментальной установки (введение годоскопических систем, многопроводочных пропорциональных камер и многоканальных систем) для увеличения точностей кинематики исследуемых процессов и проведения корректного отбора событий:

- эффективная регистрация частиц - продуктов реакций $\gamma d \rightarrow pn$, $\gamma {}^4\text{He} \rightarrow pnX$ ($\gamma {}^6\text{Li} \rightarrow pnX$) и $\gamma d \rightarrow \pi^0 d$ с применением магнитного MS-2500, нейтронного MS-12, черенковского С спектрометров:

- оперативность наладки и калибровки основных узлов экспериментальной установки:

- непосредственный контроль исследуемых процессов и проведение измерений на экспериментальной установке в линию с ЭВМ

2. Провести экспериментальные исследования:

а) энергетической зависимости асимметрии сечения $\Sigma(\epsilon_\gamma)$ для углов протона в с.ц.м. $\theta_p^{c.m.} = 45, 60, 75$ и 90° в реакции $\gamma d \rightarrow pn$ в области энергий $E_\gamma = 0,3-1,0$ ГэВ:

б) энергетической зависимости асимметрии сечения $\Sigma(\epsilon_\gamma)$ для процессов $A(\gamma, pn)$, $A = {}^4\text{He}, {}^6\text{Li}$ в области энергий $E_\gamma = 0,3-0,9$ ГэВ ($\theta_p^{c.m.} = 90^\circ$):

в) энергетической зависимости асимметрии сечения $\Sigma(\epsilon_\gamma)$ для

процесса $\gamma d \rightarrow \pi^0$ при $\theta_p^{c.m.} = 130^\circ$ в области энергий $E_\gamma = 0,3-0,9$ ГэВ.

Научная новизна работы. Впервые были разработаны и созданы:

- автоматизированная система управления и контроля тока анализирующего магнита (СП-57) парного спектрометра PS-30 на основе электронных устройств передачи цифровых данных по оптоволоконному кабелю:

- электронная система модулей КАМАК для управления передачей и приемом информации на удаленный край КАМАК с использованием устройств передачи информации по волоконнооптическим линиям связи:

- система модулей быстрой электроники в стандарте КАМАК со стабильным временем выдержки (с применением малогабаритных линий задержек) для формирования триггерных сигналов двухплечевой экспериментальной установки, организации время-пролетных измерений, специализированных модулей электроники в стандарте КАМАК для функционального управления режимами работ экспериментальной установки.

Впервые проведены измерения:

а) энергетической зависимости асимметрии сечения $\Sigma(\epsilon_\gamma)$ для процесса $\gamma d \rightarrow \pi^0$ в области энергий $E_\gamma = 0,3-1,0$ ГэВ:

а) энергетической зависимости асимметрии сечения $\Sigma(\epsilon_\gamma)$ реакций $\gamma {}^6\text{Li} \rightarrow pnX$, $\gamma {}^4\text{He} \rightarrow pnX$ в области энергий $E_\gamma = 300-900$ МэВ:

б) энергетической зависимости асимметрии сечения $\Sigma(\epsilon_\gamma)$ для процесса $\gamma d \rightarrow pn$ в широкой кинематической области углов и энергий ($E_\gamma = 0,3-0,9$ ГэВ, $\theta_p^{c.m.} = 45-90^\circ$).

Практическая ценность работы. Применение комплекса разработанной электронной аппаратуры экспериментальной установки по исследованию процессов фоторождения на нуклонах и легких ядрах, позволило провести измерения параметров процессов с малыми сечениями при обеспечении минимального уровня систематических ошибок, благодаря непрерывному мониторингованию и on-line контролю регистрирующих систем.

Электронные системы использующие устройства передачи цифровых данных по оптоволоконным кабелям (система управления и контроля тока анализирующего магнита, система управления удаленным краем КАМАК) представляющие собой функционально-завершенные

электронные узлы (в силу своей универсальности и использованию модулей в стандарте КАМАК), могут быть использованы как в вышеуказанных экспериментах, так и в им подобных.

Применение разработанной системы модулей быстрой электроники (с использованием малогабаритных линий задержек в схемах установки стабильного времени выдержки) в конструктивах КАМАК позволило стандартизировать электронную аппаратуру экспериментальной установки, повысило ее надежность, гибкость и помехоустойчивость. Использование электронных систем управления током анализирующего магнита и удаленного крэйта КАМАК открывает широкие возможности для повышения уровня автоматизации, помехозащищенности и эффективности работы экспериментальных установок.

Экспериментальные данные, полученные по измерениям энергетической зависимости асимметрии сечения в реакциях $\gamma d \rightarrow pp$, $\gamma^4\text{He} \rightarrow pp\gamma$ ($\gamma^4\text{Li} \rightarrow pp\pi X$) и $\gamma d \rightarrow d\pi^0$, позволили улучшить понимание механизмов исследуемых процессов.

Апробация работы и публикации. Результаты диссертационной работы представлялись и докладывались на: IX Международном симпозиуме по спиновой физике высоких энергий (Бонн-90); VII Международной конференции по поляризационным явлениям в ядерной физике (Париж-90); Рабочем совещании по электромагнитным взаимодействиям адронов и ядер (Нор-Амбёрд-90).

По теме диссертации опубликовано 9 работ. Список литературы приведен в конце автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Содержит 130 листов машинописного текста, 40 рисунков, 2 таблицы и список научной литературы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность экспериментальных исследований:

- а) структуры волновых функций на малых и средних расстояниях, в частности веса и структуры парных $N-N$ корреляций;
- б) механизмов процессов, в том числе включающих структуры $n\bar{n}n$ -взаимодействия, роли мезонных и изобарных токов, а также взаимодействия в конечном состоянии. Исследование поведения мо-

дификаций нуклонов и адронов в ядерной среде, а также off-shell поведения элементарных γN и nN амплитуд;

в). по поиску экзотических шестикварковых возбужденных состояний (дигбарионных резонансов).

Обоснована также необходимость создания новой базовой экспериментальной установки (особенно в части электронного оборудования), отвечающую современным требованиям к точности и надежности проводимых измерений, автоматизации процессов наладки, тестирования и калибровки экспериментального оборудования.

В первой главе подробно описана автоматизированная экспериментальная установка для исследования процессов фоторождения на нуклонах и легких ядрах. На рис. I. показана схема экспериментального оборудования установки.

Установка состояла из следующих основных узлов:

- тракта пучка линейно-поляризованных фотонов, включая мониторингирование и мишени;
- двухплечевой установки для регистрации вторичных частиц в составе первого плеча находился магнитный спектрометр MS-2500, использованный в качестве триггерного прибора, а в составе второго плеча были применены нейтронный NS-12 и черенковский CS спектрометры;

- комплекса электронной аппаратуры физического эксперимента, входившей в состав всех вышеуказанных систем.

Описывается автоматизированная система, в составе установки, по измерению и контролю параметров квазимонохроматического линейно-поляризованного пучка фотонов на базе парного спектрометра PS-30 состоящая из следующих основных аппаратурных узлов:

- 30-ти канального парного спектрометра PS-30;
- системы программного управления гониометром вращения алмазной мишени;
- системы управления и контроля тока анализирующего магнита;
- системы мониторингирования фотонного пучка;
- комплекса электронной аппаратуры в стандарте КАМАК функционировавшего в линию с мини-ЭВМ "МЕГА-САМАС-125/SM4A".

Измерение и контроль параметров энергетического квазимонохроматического спектра производились при помощи 30-ти канального

парного спектрометра PS-30 (см. рис. 1), состоящего из анализирующего магнита (PSM) типа СП-57, набора сменных лавсановых ксеператоров s_1 (толщиной 10^{-4} - 10^{-5} рад.длин) и 11-ти телескопов сцинтилляционных счетчиков (BF_{1-5} , VB_{1-5}) и (SF_{1-5} , SB) используемых для регистрации e^- и e^+ . Различные комбинации (8×5) падений между e^- и e^+ телескопами позволяли измерять энергетический спектр фотонов в 30-ти точках в интервале энергий $E_0 \leq E_\gamma \leq 2E_0$ с равномерным шагом $\delta \approx 2,25\%$, который обеспечивался геометрией телескопов электронного плеча.

Парный спектрометр PS-30, связанный с комплексом электронной аппаратуры, выполненной на основе блоков в стандарте КАМАК в связи с мини-ЭВМ "МЕГА-САМАС-125/5M4A", функционировал в режиме автоматизированного процесса установки и контроля тока анализирующего магнита (PSM), набора статистики и контроля стабильности энергетического спектра фотонного пучка.

Для регистрации заряженных частиц - продуктов реакции $\gamma d \rightarrow pn$, $\gamma^4 Li \rightarrow pn\alpha$, $\gamma^4 He \rightarrow pn\alpha$ и $\gamma d \rightarrow d\pi^+$ применялась двухплечевая спектрометрическая система, состоящая из магнитного, нейтронного и черенковского спектрометров в составе экспериментальной физической установки (см. рис. 1).

Протоны и дейтроны в данной системе (как продукты реакций, указанных выше) регистрировались магнитным спектрометром (MS-2500), который состоял из дублета магнитных линз (L_1 и L_2) типа МЛ-16, отклоняющего магнита (BM) типа СП-12, телескопа сцинтилляционных счетчиков (s_1 - s_4) и подсистемы координатных детекторов в составе четырех многопроволочных пропорциональных камер ($MPWC_{1-4}$) и импульсного сцинтилляционного годоскопа (H_p).

Магнитный спектрометр (MS-2500) функционировал в режиме слабой фокусировки по обеим плоскостям, что обеспечивало сходимость траекторий осевых импульсов в центре счетчика s_4 . Угол поворота осевых траекторий в отклоняющем магните (BM), расположенном в симметричной геометрии, составляет $\alpha = 32^\circ$. Анализируемый импульс был ограничен в максимуме ($P^{\max} < 2500/c$) параметрами квадрупольных линз МЛ-16.

Регистрация нейтронов производилась 12-ти модульным время-пролетным спектрометром NS-12 в составе второго плеча спектро-

метрической системы (см. рис. 1).

Для регистрации γ -квантов от распада π^0 -мезонов (в реакции $\gamma d \rightarrow d\pi^0$) в составе второго плеча спектрометрической системы использовался черенковский спектрометр ζS (см. рис. 1).

Электронную аппаратуру экспериментальной установки можно условно разделить на четыре части по признаку управления блоками КАМАК от ЭВМ:

1. Крейты КАМАК ИИ (I-4) объединенные в вертикальную параллельную ветвь и соединенные в линии с мини-ЭВМ "МЕГА-САМАС-125/5M4A" (см. рис. 2) с использованием крейт-контроллеров типа А (применялись крейт-контроллеры IOBA фирмы "GOLON"). В каждом из этих крейтов были размещены программно-управляемые модули в стандарте КАМАК, сгруппированные в определенные наборы для выполнения конкретных задач (вывода информации на дисплейные мониторы, управления удаленным крейтом КАМАК, измерения и контроля энергетического спектра фотонов и т.д.).

2. Удаленный крейт КАМАК расположенный в непосредственной близости от оборудования экспериментальной установки. Управление удаленным крейтом КАМАК осуществлялось специально разработанной системой модулей КАМАК с использованием устройством передачи и приема цифровых данных по оптоволоконным линиям связи.

3. Крейты КАМАК ИИ (I-4), не имеющие программной связи с ЭВМ, в которых размещены блоки наносекундной электроники (дискриминаторы-формирователи, разветвители, схемы совпадений и т.д.) выполненные в конструктивах КАМАК.

4. Электронная аппаратура выполненная в виде отдельных приборов, блоков для связи с оборудованием ускорителя, управления гониометром, током магнитов и контроля различных параметров экспериментальной установки.

Вторая глава посвящена собственно комплексу электронной аппаратуры экспериментальной установки по исследованию процессов фоторождения на нуклонах и легких ядрах.

Проведен сравнительный анализ электронной аппаратуры физического эксперимента данной установки (быстродействующей ядерной электроники в стандарте КАМАК и систем с использованием оптоволоконных кабелей) с ранее разработанными электронными системами

соответствующего профиля.

Рассмотрены также некоторые вопросы конструирования электронной аппаратуры экспериментальной установки. Блоки быстродействующей электроники были выполнены, на интегральных микросхемах наносекундного диапазона (серия К500), транзисторов СВЧ диапазона, малогабаритных линий задержки (заменяющих кабельные линии задержки), что обусловило высокие скоростные параметры и компактность этих блоков. Отмечается целесообразность оптимизации и рационализации конструирования систем электронной аппаратуры в смысле определенной интеграции модулей в наиболее приемлемые к задачам экспериментов, функциональные узлы. Основную нагрузку по реализации электронной логики (например, для парного спектрометра PS-30) выполняли вновь разработанные модули наносекундной электроники в стандарте КАМАК, отражающие специфические особенности конфигурации регистрирующей системы спектрометра (шестиканальные двухходовые схемы совпадений БССФ с формированием выходных сигналов по длительности, модули строб-совпадений БССФ и БССМ-БССТ, специализированные разветвители логических сигналов РЛС на 12 направлений, коммутаторы логических сигналов КЛС и т.д.).

При проведении физических экспериментов на ускорителе часто возникала проблема управления (при помощи ЭВМ) удаленной аппаратурой, расположенной в непосредственной близости от канала ускорителя. Применяемые ранее кабельные линии связи (в комплекте с соответствующими интерфейсными блоками, цифро-аналоговыми преобразователями в стандарте КАМАК) использовались, в основном, для оборудования физических установок с невысоким уровнем фоновых наводок по линиям связи. Однако, при проведении экспериментальных исследований на ускорителе элементарных частиц уровень электромагнитных помех и наводок, возникавших вблизи мощных электрических агрегатов, расположенных по ходу прокладки кабелей связи, оказывался довольно высоким, что было неприемлемо для выполнения точных измерений на физической установке.

Основное преимущество разработанной нами системы управления удаленными крэйтами КАМАК заключается в том, что контроллер удаленного крэйта полностью соответствует стандарту КАМАК (ENR 4600)

с выполнением всех необходимых команд, синхронизирующих сигналов и т.д., что позволяло использовать в крэйтах любые электронные блоки, выполненные в стандарте КАМАК. Кроме этого, возможно подключение к крэйту КАМАК, связанному с ЭВМ, до пяти удаленных крэйтов, работавших в дуплексном режиме с передачей цифровых данных в двух направлениях через кабели ВОЛС.

Описывается комплекс электронной аппаратуры автоматизированной системы измерения, контроля и управления параметрами спектра КТИ на базе 30-ти канального парного спектрометра PS-30. Функционально-структурная блок-схема электронной аппаратуры PS-30 показана на рис.3.

Логическая структура электронной аппаратуры парного спектрометра PS-30 была реализована при помощи совокупности вновь разработанных (специально для PS-30) электронных логических блоков наносекундного диапазона в стандарте КАМАК. Применение быстродействующих интегральных микросхем обеспечило размещение электроники в конструктивах КАМАК, что также было необходимо для унификации всей электронной аппаратуры парного спектрометра.

В работе подробно описываются системы мониторинга фонового пучка и программного управления гониометром вращения азимутальной мишени на уровне функциональных блок-схем их электронной аппаратуры.

Одной из основных компонент автоматизации 30-ти канального парного спектрометра PS-30 являлась программно-управляемая система установки и контроля тока питания анализирующего магнита СП-57 с применением устройств передачи цифровых данных по оптоволоконному кабелю. Как показано на блок-схеме электроники системы управления и контроля тока анализирующего магнита (рис. 4), все процессы установки тока и контроля установленных значений в обратной связи от агрегата питания осуществлялись от базовой ЭВМ посредством специально разработанных блоков электроники (в том числе и в стандарте КАМАК), через которые производились передача и прием соответствующей информации.

Необходимость размещения крэйтов КАМАК в непосредственной близости от оборудования экспериментальной физической установки зависела от двух условий. Во-первых, необходимо обеспечить мини-

Приведено также подробное описание наладки и калибровки электронной аппаратуры и оборудования 30-ти канального парного спектрометра PS-30

В результате проведенных измерений для соответствующих пар θ_1 и θ_2 телескопов сформировались три массива данных, определявших три вида временных спектров:

- по признаку совпадений в "истинном" канале;
- по признаку совпадений в "случайном" канале;
- полный спектр, включавший спектры с обоими типами признаков, а также спектр без признаков.

Важным этапом настройки парного спектрометра являлось определение эффективностей каналов PS-30 (процедура EFFIC).

Были проведены измерения относительных эффективностей каналов PS-30 на основе измерений γ -спектров на тонкой аморфной мишени (Fe).

Контроль качества методики определения эффективностей (процедура EFFIC) проверялся по соответствию измеряемого аморфного спектра (уже совместно всеми каналами PS-30) теоретически расчетному.

По завершению рассмотренных трех этапов наладки парного спектрометра PS-30 необходимо было переходить к проведению измерений с использованием мишени из монокристалла алмаза. Методику работы с кристаллом алмаза можно условно представить в виде трех последовательных этапов:

1. В начале работы определялись углы нулевой ориентации кристалла. Методика определения углов нулевой ориентации ($\theta_{n,v}^0$, $\theta_{v,n}^0$) состояла в измерении выхода с одного из телескопов PS-30, нормированного за счет квантометра, при сканировании по одному из углов $\theta_{n,v}$ (процедура GFIND).

2. Вторым этап состоял в ориентации кристалла при выборе определенной пиковой энергии спектра КТИ. Реализовалось это с помощью процедуры SETAN, для запуска которой использовались входные данные: $E_{\gamma}^{пик}$, E_{θ} , направление поляризации (+, -), нулевые ($\theta_{n,v}^0$) и текущие ($\theta_{n,v}$) углы.

3. На третьем этапе работы, после точного выставления пиковой энергии, измерялся полный энергетический спектр КТИ (процедура

ра FULLSP).

Описаны наладка и калибровка магнитного спектрометра MS-2500 включающие в себя:

- установку соответствующих значений токов фокусирующих магнитных линз L_1, L_2 и анализирующего магнита ВМ (см. рис. 1) типа ОП-12;

- наладку электронной аппаратуры MS-2500 для выработки триггерного сигнала M_1 ;

- определение эффективностей триггерных счетчиков.

Для наладки системы многопроволочных пропорциональных камер, в том числе и ее регистрирующей электроники, была применена программная процедура α МПК. Для синхронизации камерной электроники МПК снималась кривая задержанных совпадений, а после этого измерялся профиль МПК.

В начале наладки нейтронного спектрометра производилось приведение к одинаковому временному реперу 12 нейтронных и 4 антинейтронных при помощи μ -мезонов космического излучения (программная процедура NEUT1).

Программная процедура NEUT2 использовалась при наладке NS под пучком, а программная процедура BSSM FN позволяла осуществить окончательную наладку нейтронного спектрометра и установки в целом.

Для калибровки черенковского детектора по энергии и разрешению использовался пучок вторичных электронов парного спектрометра PS-30 (программная процедура SNEP), связанный с одним из телескопов электронного плеча.

В четвертой главе описываются организация режимов работ, проведение измерений на экспериментальной установке и обработка полученных данных. Приведены основные выводы из полученных результатов.

Для установки режимов прерывания ЭВМ по триггерным сигналам первого и второго уровня (M_1 и M_2) применялся вновь разработанный программно-управляемый модуль управления и формирования триггерных сигналов МУ ФТС.

Для решения задачи идентификации исследуемых реакций $\gamma d \rightarrow pn$, $\gamma^4\text{He} \rightarrow pnX$ ($\gamma^6\text{Li} \rightarrow pnX$) и $\gamma d \rightarrow d\pi^0$ и выделения вклада фоновых процес-

сов было использовано второе плечо (NS-12, \checkmark CS) физической установки (см. рис. 1), которое применялось для кинематического переопределения исследуемых процессов. При этом от уровня спектрометрирования во втором плече зависела эффективность режекции фоновых процессов.

В основе данной организации измерений на экспериментальной установке лежит интерактивное взаимодействие с файлом данных, куда заносилась необходимая кинематическая информация, тип процесса, тип мишени, необходимые данные для работы с PS-30, включая текущие углы и нули кристалла, направление поляризации, калибровочные данные и т.п.

Описано взаимодействие ЭВМ (с началом измерений) с тремя источниками прерывания (запросами на обслуживание). Также важно отметить, что по условиям эксперимента реализована соответствующая логика взаимодействия приоритетов. Обработка данных имела в своей основе следующие особенности, сближающие методику обработки:

1. Наличие общего триггерного прибора (MS-2500).
2. Двухчастичность исследуемых процессов и, собственно, возможность восстановления первичной энергии фотона по одноплечевой спектрометрической информации в плече MS-2500.
3. Работа со спектрами КТИ.

Расчет поляризации производился на основе быстрого Фурье-преобразования, позволявшего определять спектр поляризации в области захвата экспериментальной аппаратуры, а также энергетический спектр функции возмущения, определяющей форму экспериментального спектра.

Приведены основные результаты и выводы из них по исследованию процессов $\checkmark d + \alpha p$, $\checkmark ^6Li + \alpha p$, $\checkmark ^4He + \alpha p$ и $\checkmark d + \pi^+ d$

Экспериментальные результаты по процессу $\checkmark d + \alpha p$, показаны на рис. 6 в виде энергетической зависимости асимметрии $\Sigma(E_\gamma)$ для углов протона в с.ц.м. $\theta_p^{cm} = 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ и 90° .

Заключение. При разработке средств и методов экспериментальных исследований, измерений, обработки данных и анализа экспериментальной информации были получены следующие основные результаты, которые выносятся на защиту:

1. Разработана и создана автоматизированная система по измерению и контролю параметров квазимонохроматического линейно-поляризованного пучка фотонов на базе парного спектрометра PS-30, экспериментальной установки по исследованию процессов фоторождения на нуклонах и легких ядрах, в составе:

- комплекса электронной аппаратуры со специализированными модулями быстрой логической электроники в стандарте КАМАК для системы измерения, контроля и управления параметрами КТИ парного спектрометра PS-30 и системы мониторинга фотонного пучка;
- автоматизированной системы управления и контроля тока анализирующего магнита (СП-57) парного спектрометра PS-30 на основе электронных устройств передачи цифровых данных по оптоволоконному кабелю.

2. Разработана и создана автоматизированная система для проведения измерений, наладки, тестирования и on-line контроля на базе двухплечевой экспериментальной установки, имеющей в своем составе магнитный MS-2500, время-пролетный нейтронный NS-12 и черенковский \checkmark S спектрометры, в составе:

системы электронной аппаратуры в стандарте КАМАК для управления передачей и приемом информации между базовой ЭВМ - "MERA-SAMAS-125/SM4A" и удаленным крейтом КАМАК по волоконнооптическим линиям связи и размещением электронной аппаратуры физического эксперимента в непосредственной близости от экспериментального оборудования:

- системы электронной аппаратуры специализированных модулей быстрой электроники в стандарте КАМАК для формирования триггерных сигналов двухплечевой экспериментальной установки, организации время-пролетных измерений, тестирования, калибровки и проведения наладочных процедур;
- комплекса специализированных модулей электроники в стандарте КАМАК для функционального управления режимами работ экспериментальной установки, съема информации с многопроводных пропорциональных камер, контроля высоковольтных напряжений с делителями ФЭУ и т.д.

3. Проведены наладка, тестирование и калибровка экспериментальной аппаратуры физической установки по исследованию процес-

сов фоторождения на нуклонах и легких ядрах в ходе экспериментальных измерений.

4. При помощи электронного комплекса автоматизированной аппаратуры экспериментальной установки и разработанной методики были проведены измерения асимметрии сечения Σ в реакциях $\gamma d \rightarrow pn$, $\gamma^6\text{Li} \rightarrow pnX$, $\gamma^4\text{He} \rightarrow pnX$ и $\gamma d \rightarrow \pi^0 d$ в области энергий $E_\gamma = 0.3-1.0$ ГэВ.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Акобян Г.Г., Волчинский В.Г., Вуколов В.П., Галумян П.И., Карапетян Г.В., Кордонский М.С. Автоматизированная система управления и контроля тока анализирующего магнита парного спектрометра. Препринт ЕФИ-1087(50)-88. Ереван, 1988. - 12 с.
2. Акобян Г.Г., Волчинский В.Г., Вуколов В.П., Галумян П.И., Оганезов Р.О., Франгулян Г.С. Система управления удаленным крейтом КАМАК на основе устройств передачи цифровых данных по оптоволоконному кабелю - "Электроника МС 4101" для автоматизации физической установки по исследованию процессов фоторождения. Препринт ЕФИ-1079(42)-88. Ереван, 1988. - 18 с.
3. Волчинский В.Г., Вуколов В.П., Галумян П.И., Мовсесян А.К., Оганезов Р.О. Электронная аппаратура экспериментальной установки по исследованию поляризационных параметров в реакциях фоторождения на нуклонах и легких ядрах. Препринт ЕФИ-1088(51)-88. Ереван, 1988. - 25 с.
4. Adamian F.V., Aghababian K.Sh., Asatrian R.A., Bartikian M.V., Buniatian A.Yu., Frangulian G.S., Galumian P.I., Grabsky V.H., Hairapetian A.V., Hakopian H.H., Karapetian G.V., Karapetian V.V., Kordonsky M.S., Oganeyov R.D., Oktanian V.K., Vartapetian A.H., Volchinsky V.G., Vukolov V.P. Experimental study of the photoproduction $\gamma d \rightarrow \pi^0 d$ and photodisintegration $\gamma d \rightarrow pn$, $\gamma^6\text{Li} \rightarrow pnX$, $\gamma^4\text{He} \rightarrow pnX$ processes by linearly polarized photons in the energy range 0.3-1.0 GeV. Preprint YERPHI-1061(24)-88. Yerevan, 1988. - 20 p.
5. Аветисян А.Э., Адамьян Ф.В., Айрапетян А.В., Акобян Г.Г., Буниатян А.Ю., Вартпетян Г.А., Волчинский В.Г., Вуколов В.П., Галумян П.И., Грабский В.О., Карапетян Г.В., Кордонский М.С., Оганезов Р.О., Октянян В.К., Саркисян Р.Ц. Автоматизированная

установка по измерению и контролю параметров квазимонохроматического когерентного фотонного спектра на базе 30-ти канального парного спектрометра. Препринт-ЕФИ-1325(20)-91. Ереван, 1991. - 30 с.

6. Адамьян Ф.В., Айрапетян А.В., Акобян Г.Г., Буниатян А.Ю., Вартпетян Г.А., Волчинский В.Г., Вуколов В.П., Галумян П.И., Грабский В.О., Карапетян Г.В., Карапетян В.В., Кордонский М.С., Оганезов Р.О., Октянян В.К., Франгулян Г.С. Экспериментальная методика исследований процессов $\gamma d \rightarrow pn$, $\gamma^4\text{He} \rightarrow pnX$, $\gamma^6\text{Li} \rightarrow pnX$ и $\gamma d \rightarrow \pi^0 d$ на линейно-поляризованном фотонном пучке. Препринт-ЕФИ-1353(48)-91. Ереван, 1991. - 44 с.
7. Adamian F.V., Buniatian A.Yu., Frangulian G.S., Galumian P.I., Grabsky V.H., Hairapetian A.V., Hakopian H.H., Hoptanian V.K., Karapetian G.V., Karapetian V.V., Vartapetian A.H., Volchinsky V.G. Cross-section asymmetry Σ for the reaction $\gamma d \rightarrow \pi^0 d$ in the energy 0.5-0.9 GeV. Physics Letters B, v. 232, N 3, 1989. p. 296-298.
8. Adamian F.V., Buniatian A.Yu., Frangulian G.S., Galumian P.I., Grabsky V.H., Hairapetian A.V., Hakopian H.H., Hoptanian V.K., Karapetian G.V., Karapetian V.V., Vartapetian A.H., Volchinsky V.G. Deuteron photodisintegration by linearly polarized photons in the energy region 0.3-1.0 GeV. //J. Phys. G: Part. Phys. 17 (1991), p. 1189-1196.
9. Adamian F.V., Buniatian A.Yu., Frangulian G.S., Galumian P.I., Grabsky V.H., Hairapetian A.V., Hakopian H.H., Hoptanian V.K., Karapetian G.V., Karapetian V.V., Vartapetian A.H., Volchinsky V.G. Comparative study of the $d(\gamma, pn)X$ processes by linearly polarized photons in the energy range 0.3-0.9 GeV. //J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 17 (1991), p. 1657-1664.

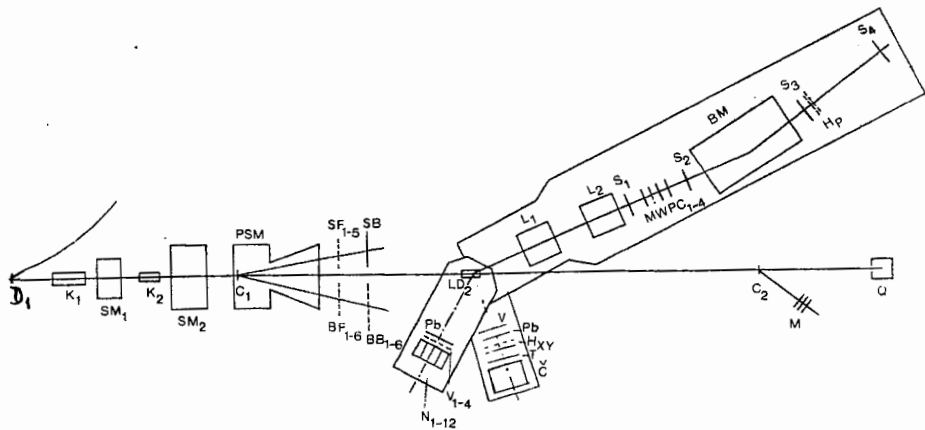


Рис. 1. Схема оборудования экспериментальной установки: D_1 - алмазная мишень; $K_{1,2}$ - коллиматоры; $SM_{1,2}$ - очищающие магниты; LD_2 - жидководородная мишень; C - квантометр Вильсона; $L_{1,2}$ - квадрупольные линзы; PSM, BM - отклоняющие магниты; $C_{1,2}$ - тонкие конверторы, Pb - свинцовые конверторы; S_{1-4} , V_{1-4} , V, T, SF₁₋₅, SB, BF₁₋₆ - сцинтилляционные счетчики; MWPC₁₋₄ - пропорциональные камеры.

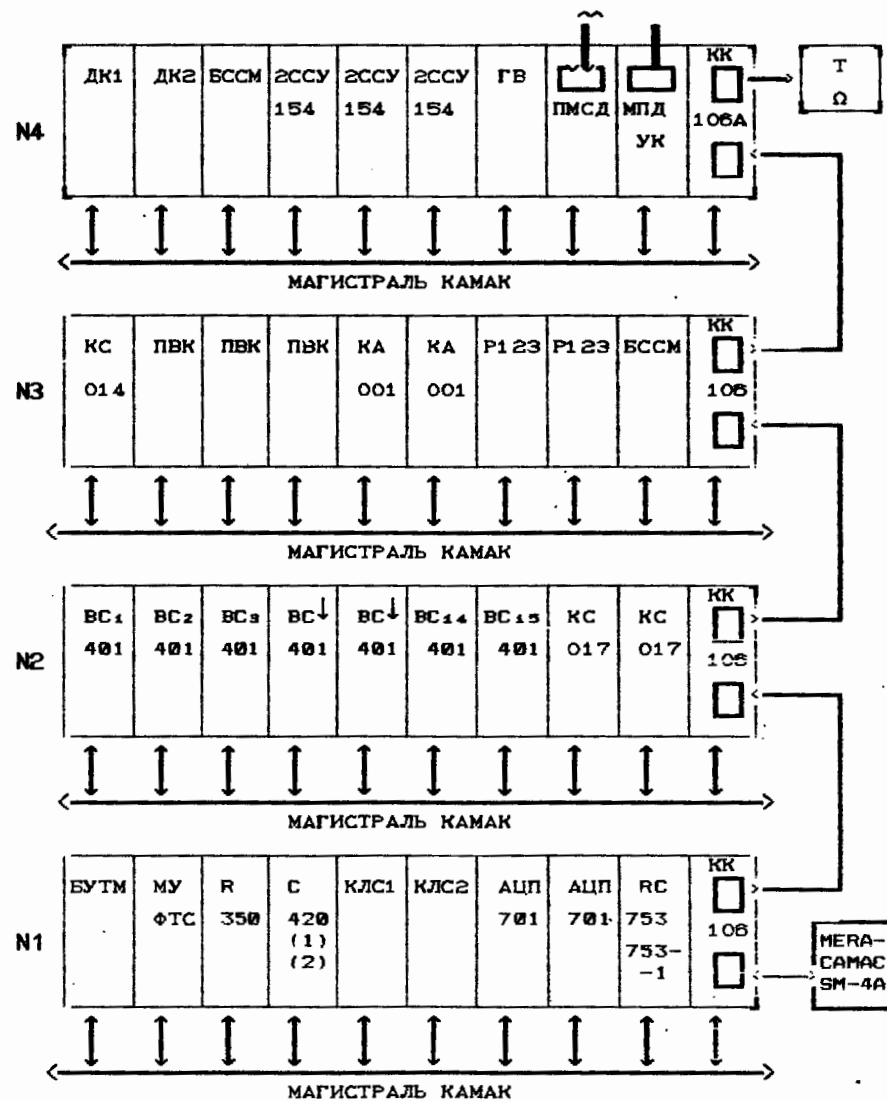


Рис. 2. Структурно-функциональная блок-схема электронной аппаратуры экспериментальной установки (программно-управляемые крейты КАМАК).

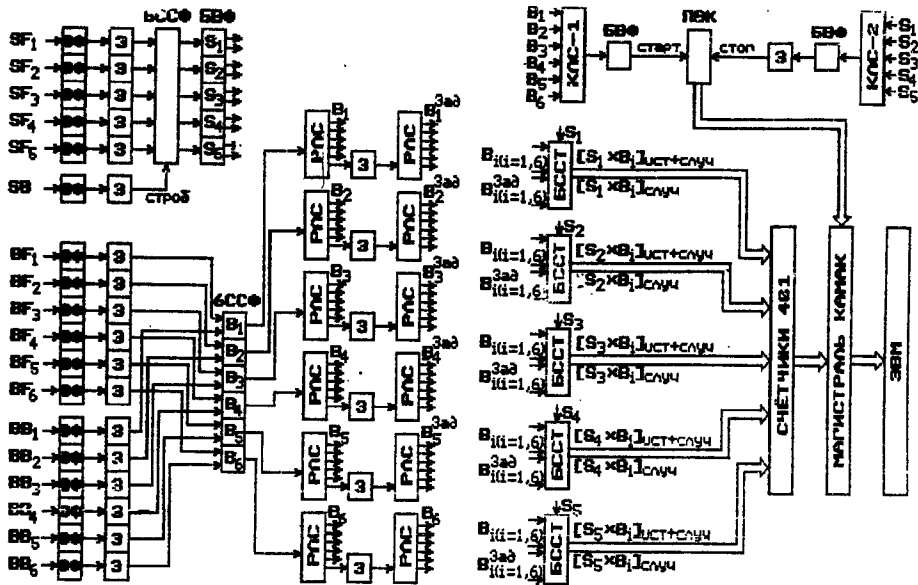


Рис. 3. Структурно-функциональная блок-схема электронной аппаратуры парного спектрометра PS-30.

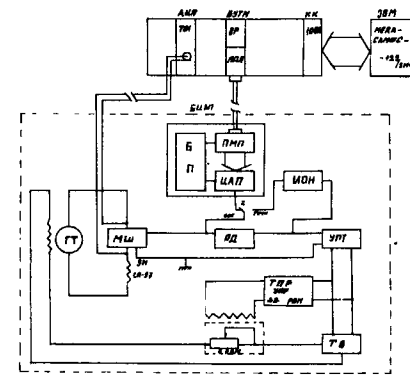


Рис. 4. Блок-схема электронной аппаратуры системы контроля и управления тока анализирующего магнита.

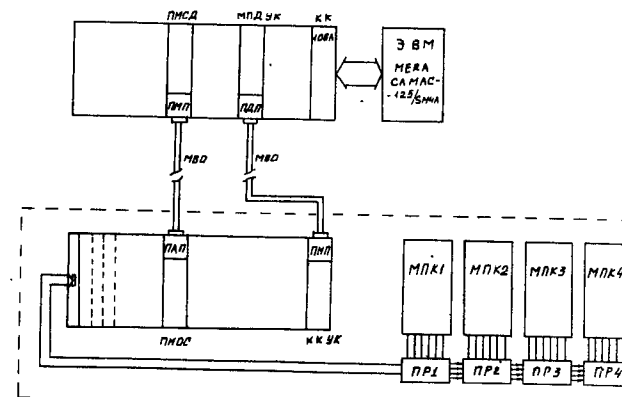
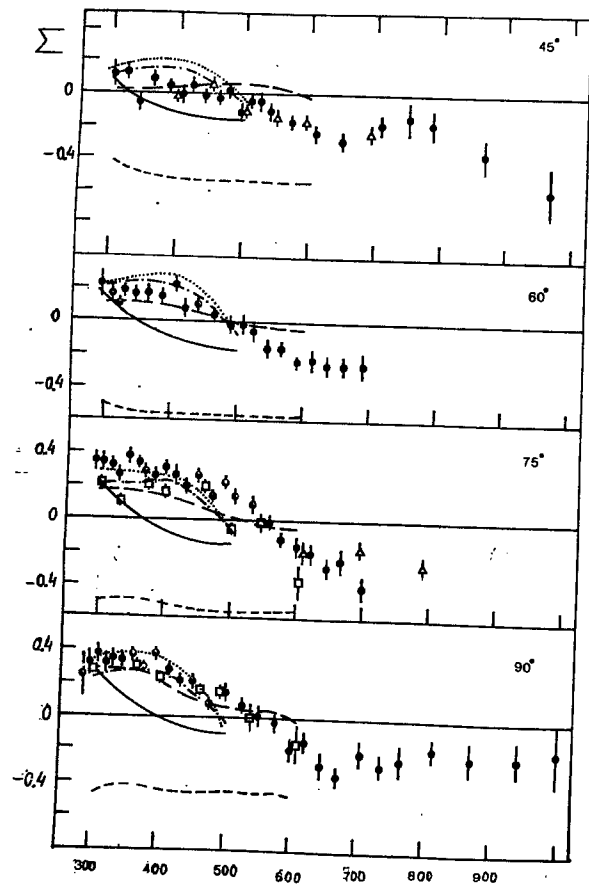


Рис. 5. Блок-схема электронной аппаратуры системы управления удаленным крайтом КАМАК по ВОЛС.



6. Энергетическая зависимость асимметрии сечений Σ для $\theta_p^{cm} = 45, 60, 75$ и 90° . Экспериментальные данные: \square - Харьков [46]; \bullet - нашей работы [50]; Δ - Ереван (1984) [44]. Кривые представляющие результаты: IA [47] - (пунктир); Лаже [48] - (кольца); (сс) [47] - (сплошная); нерезонансная часть вк модели [51] (короткие тире); вк [51] с вкладом DWS ($i = 1$ (1D_2 (2150), 3F_3 (2260), 4S_0 (2050), 3P_1 (2179), 3P_2 (2140), 4G_4 (2470))); $i = 0$ (3S_1 (2140), 3D_3 (2362), 4F_3 (2230))) - (длинные тире).

Технический редактор А. С. Абрамян

Подписано в печать 11.05.92

Офсетная печать.
Зак. тип № 138

Формат 80x84x16
Тираж 100 экз.

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, ул. Бр. Аликханьян 2