

905067

Ш-655

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.1.08

13-85-841

ШИШКИН
Александр Львович

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ
РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФАЗОТРОНА ОИЯИ**

Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1985

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук,
профессор

К.Я.Громов

кандидат физико-математических наук

Л.М.Онищенко

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
кандидат физико-математических наук

Л.Н.Зайцев

В.Д.Пешехонов

Ведущее научно-исследовательское учреждение - Институт физики высоких энергий (Серпухов).

Защита диссертации состоится " ____ " _____ 1985 г.
в _____ часов на заседании специализированного Совета Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, г.Дубна, Московской области.

Автореферат разослан " ____ " _____ 198 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь специализированного Совета
доктор физико-математических наук

Ю.А.Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Задача обеспечения радиационной безопасности персонала на современных ускорителях заряженных частиц высоких энергий связана с необходимостью измерения большого количества временных и пространственных характеристик полей излучения вблизи этих установок, а также с оперативным анализом полученной информации. Поэтому автоматизация процессов контроля радиационной безопасности приобретает первостепенное значение.

В 1979 году началась реконструкция синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем в сильноточный фазотрон с вариацией магнитного поля. Проектом было предусмотрено увеличить количество трактов внешних пучков и интенсивности внутреннего (в 5-10 раз) и выведенного (в 20 - 200 раз) пучков протонов, а также интенсивность пучков вторичных частиц (мезоны, нейтроны, протоны в 10-100 раз). Наряду с этим планировалось значительно расширить (в 2-3 раза) территорию под тракты внешних пучков. Кроме того, после реконструкции у физиков должна была появиться возможность для одновременной работы на 2-3 трактах (на синхроциклотроне пучок выводился только в один тракт).

Планировалось также, что реконструкция ускорителя будет проводиться в несколько этапов. На первом из них ускоритель должен эксплуатироваться практически без дополнительной защиты. В случае, если будут обеспечены высокий коэффициент вывода пучка из камеры фазотрона, хорошая настройка и стабильность систем ускорителя, то фазотрон сможет работать с током внутреннего пучка протонов ~ 10 мкА. Однако любые отклонения от оптимального режима работы ускорителя или его трактов могут стать причиной резкого ухудшения радиационной обстановки.

Цель настоящей работы являлось создание современной автоматизированной системы контроля радиационной безопасности фазотрона, способной обеспечить безопасность работы персонала в этих условиях и отвечающей требованиям норм и правил по радиационной безопасности.

Научная новизна выполненной работы заключается в разработке оригинальных методических решений, структуры и алгоритмов работы отдельных узлов и в создании на их основе "Автоматизированной системы контроля радиационной безопасности фазотрона".

Впервые были решены некоторые вопросы автоматизации контроля работы датчиков, схем измерения и программ АСКРБ. По результатам разработок получено два авторских свидетельства на изобретения СССР.

Практическая значимость работы состоит во внедрении АСКРБ в практику радиационного контроля.

Система выполнена на современном техническом уровне, обладает высокой надежностью и приспособляемостью к конкретным условиям. С этой точки зрения она может служить в качестве базовой системы для аналогичных разработок ОИЯИ, в частности, для новых ускорительных комплексов ОИЯИ.

Кроме того, методы контроля работоспособности измерительных каналов без применения радиоактивных источников могут найти широкое применение в других областях науки и техники.

Автор защищает "Автоматизированную систему контроля радиационной безопасности фазотрона ОИЯИ", а также методы настройки системы и контроля за её работой.

Апробация работы. Результаты диссертации докладывались на научно-методических семинарах Лаборатории ядерных проблем, Лаборатории высоких энергий, Отдела новых методов ускорения, Отдела радиационной безопасности и радиационных исследований, на Международных симпозиумах по "Физике радиационной защиты" (Дрезден, 1985 г.) и по "Ядерной электронике" (Дубна, 1985 г.), на Всесоюзном совещании по ускорителям заряженных частиц (Протвино, 1982 г.).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 11 работ /I-4, 6-12/ и получено два авторских свидетельства на изобретения СССР (№ 925188 /5/ и № 1162000 /13/).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 136 наименований. Работа содержит 153 страницы, в том числе 28 рисунков и 23 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе /I/ анализируется работа ускорителя и его систем с точки зрения радиационной безопасности.

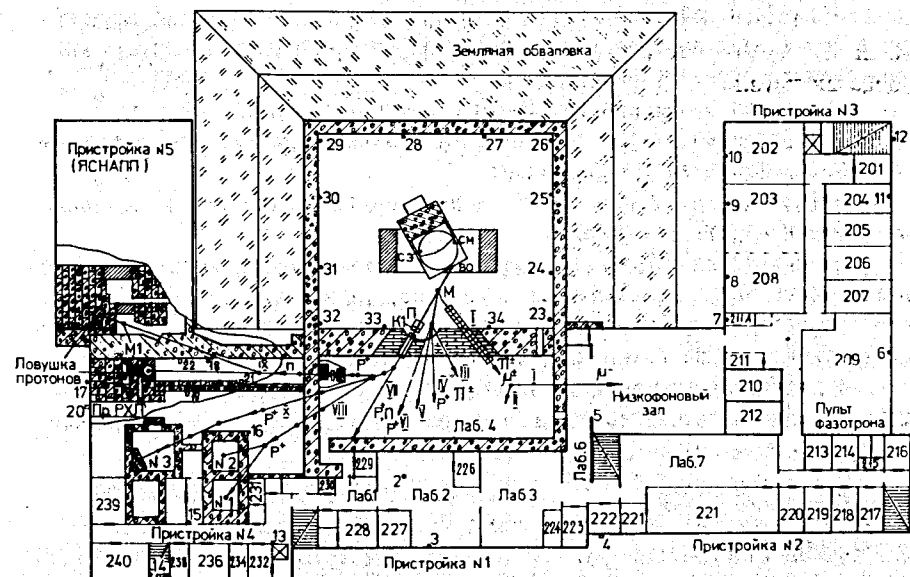


Рис. 1. План размещения датчиков (№№ I-34) АСКРБ в помещениях первого корпуса ЛЯП:

- N - размещение и номер (N) датчиков на отметке +(4,7-5,0)м;
- N - размещение и номера датчиков на отметке + I,0 м.

Показано, что в рабочих помещениях первого корпуса ЛЯП при работе фазотрона уровни облучения определяются нейтронами, при этом ожидаемая радиационная нагрузка на персонал в среднем не превышает величины ~0,1 ПДД. В то же время в залах экспериментальной аппаратуры (пристройка № 1, рис. 1) и клиничко-физического комплекса (пристройка № 4) существует потенциальная опасность аварийного облучения персонала в случае нарушения нормальной работы трактов протонных пучков (УШ - X-й каналы, рис.1).

Поэтому для нормальной эксплуатации фазотрона требуется специальная система контроля радиационной безопасности, главной задачей которой является непрерывный контроль радиационной обстановки в рабочих помещениях ускорителя с целью предупреждения и предотвращения аварийного облучения персонала при проведении на фазотроне экспериментальных и ремонтно-наладочных работ.

На рис. 1. показано размещение датчиков системы:

- датчики нейтронов I-3, 5 контролируют радиационную обстановку в зале экспериментальной аппаратуры; информация от датчиков должна использоваться для предотвращения аварийных ситуаций, вызванных нарушениями работы УШ-X-го трактов протонных пучков в лаборатории № 4;

- датчики нейтронов 6-II контролируют уровни облучения персонала в помещениях измерительно-вычислительного центра и на пульте управления фазотрона (пристройка № 3);

- датчики нейтронов I3, I5-I9 и гамма-квантов 2I, 22 предназначены для проведения аварийно-предупредительного контроля в помещениях клиничко-физического комплекса;

- датчики-индикаторы 23-34 контролируют радиационную обстановку в главном зале фазотрона:

а) при неработающем ускорителе по показаниям датчиков можно оценить уровни гамма-излучения от наведенной радиоактивности;

б) во время работы ускорителя информация от датчиков используется для контроля за потерями протонов в главном зале;

- датчиками гамма-излучения 4, I2, I4, 20 контролируется перемещение радиоактивных источников через выходы из пристроек первого корпуса.

Во второй главе /I-I2/ описываются структура и состав АСКРБ. Система состоит из двух подсистем (рис. 2,3). Первая - "младшая" подсистема (АСКРБ-I) содержит: датчики ионизирующих излучений, блоки усиления и преобразования сигналов и аппаратуру для сбора и первичной обработки информации (в виде крейта КАМАК), управляемую микро-ЭВМ I KM 00I (рис. 3)^x. Подсистема работает в автоматическом режиме. Результаты обработки выводятся на световое табло (Информ.), в систему управления ускорителем, а также в подсистему второго - "старшего" иерархического уровня (АСКРБ-2) для окончательной обработки.

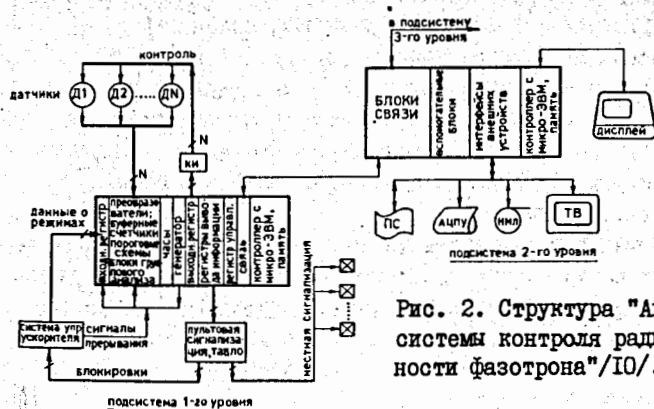
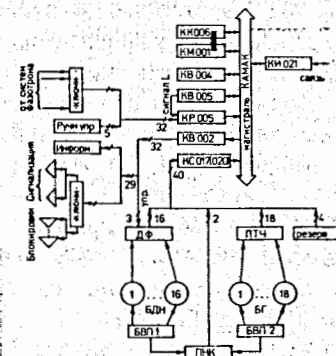


Рис. 2. Структура "Автоматизированной системы контроля радиационной безопасности фазотрона" /I0/.

^x) Блоки КАМАК, используемые в АСКРБ, разработаны в ЛЯП. Их перечень приведен в работе /I4/.

Рис. 3. Блок-схема подсистемы АСКРБ первого уровня (АСКРБ-I).

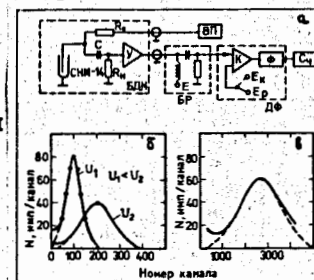


Далее в диссертации даны подробные характеристики измерительных каналов АСКРБ-I:

I) Канал детектирования нейтронов, представленный на рис. 4 а, включает в себя: блок детектирования нейтронов (БДН) на основе СНМ-I4 в полиэтиленовом замедлителе (ϕ 270-272 мм); блок развязки (БР) сигналов по постоянному питанию преувеличителя (У) БДН; дискриминатор-формирователь (ДФ) с двумя порогами (E_K и E_P); счетчик импульсов (Сч) /3,8,9,II/.

Рис. 4.

Блок-схема канала для измерения нейтронов (а) и амплитудные спектры сигналов на выходе СНМ-I4: шумов короны (б) и альфа-частиц (в) реакции $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ (— — эксперимент; - - - - аппроксимация нормальным распределением).



СНМ-I4 генерирует сигналы двух типов: рабочие (рис.4 в), рожденные продуктами ядерных реакций нейтронов с ядрами чувствительного слоя из ^{10}B и "шумы" коронного разряда (рис. 4 б).

Канал позволяет проводить измерения в реальных полях излучения фазотрона в диапазоне $\sim 10^{-3} - 10^4$ мбар/час, при этом методическая погрешность измерений (при градуировке канала нейтронами P_n -Be источника) характеризуется коэффициентом точности $K_M \leq 2$.

2) Мониторирование уровней гамма-излучения и заряженных частиц в мощных полях радиации производится каналом (рис. 5 а) на основе гейгеровских счетчиков типа СИ I0 БГ, включенных в токовом режиме. Градуировочная характеристика схемы на рис. 5 а имеет две области - линейную (область I, рис. 5 б) и логарифмическую /2/ (область II), что позволяет перекрыть широкий диапазон измеряемых величин.

3) Для контроля высоковольтного питания датчиков используется релаксационный генератор на основе газоразрядного элемента типа МТХ-90, в котором высоковольтное напряжение преобразуется в частоту. К достоинствам этого генератора относится простота, отсутствие в схеме иных источников питания кроме контролируемого и незначительное потребление тока (до 40 мкА).

В заключении главы описан состав подсистемы второго уровня. АСКРБ-2 содержит микро-ЭВМ2 КМ 001 и интерфейсы подключаемых устройств ввода-вывода: НМЛ, АЦПУ, кассетный накопитель и др. (рис.2). Последовательный канал связи обеспечивает двухсторонний обмен инфор-

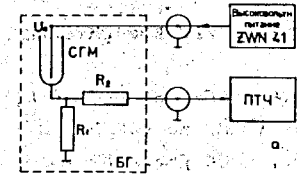
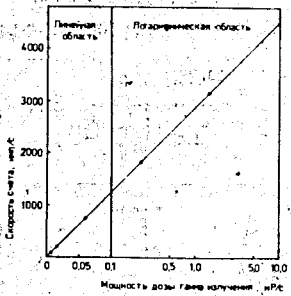


Рис. 5.

Структура канала измерения уровней гамма-излучения и заряженных частиц (а) и его градуировочная характеристика (б) в поле источника гамма-квантов ^{137}Cs .



мацией между вычислительными машинами АСКРБ.

В третьей главе дано подробное описание алгоритмов работы системы /1,4,6,7,9,10,12/.

АСКРБ-1 работает по программе "SDCF-IN" предварительной обработки информации (рис. 6), периодичность выполнения которой задается прерываниями IХ1 от входного регистра КР 005. Прерывания возникают при поступлении на стробирующий вход регистра импульсов от КВ 005 с частотой 1 Гц. Обработка информации производится при возникновении каждого третьего прерывания (программно длительность цикла можно менять от 1 до 10 с). При этом сначала блокируются входы счетчиков и входных регистров, считывается с них информация, поступившая за время предыдущего цикла работы АСКРБ-1 и заносится в буфер данных в ОЗУ микро-ЭВМ1.

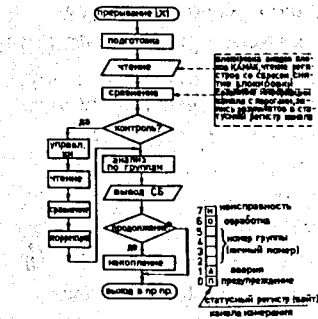


Рис. 6.

Блок-схема программы "SDCF-IN". в буфер данных в ОЗУ микро-ЭВМ1.

Затем счетчики очищаются и разблокируются их входы. Этим начинается следующий цикл набора статистики, а микро-ЭВМ1 производит обработку принятых данных, которая включает в себя:

- сравнение количества зарегистрированных в каждом канале импульсов с аварийными (А) и предупредительными (П) пороговыми значениями;
- проверку исправности каналов детектирования в случае превышения порогов А и П, а также в конце каждой рабочей смены;
- стирание информации по неисправным каналам и их маркировка;
- отбраковку случайных событий;
- выдачу через выходной регистр кодов сигнализации о неисправностях, случайных набросах и превышении порогов;
- контроль высоковольтного питания датчиков;
- поканальное суммирование информации о радиационной обстановке с сортировкой по сменам, дням и режимам работы фазотрона;
- связь с подсистемой второго уровня - АСКРБ-2;
- обработку кодов ручного управления АСКРБ-1.

Для программы используется ~3,5 кбайт ППЗУ и ~3,0 кбайт ОЗУ.

АСКРБ-2 работает в диалоговом режиме с оператором, который после запуска основной программы "SDCF-OUT" может выбрать один из предлагаемых микро-ЭВМ-2 вариантов работы:

- считывание содержимого ОЗУ микро-ЭВМ1 АСКРБ-1;
- перезапуск программы "SDCF-IN" с очисткой её ОЗУ;
- включение АСКРБ-1 в режим проверки исправности каналов измерения;
- изменение порогов сигнализации, границ контрольных показаний (используемых для диагностики работы каналов) и градуировочных коэффициентов измерительных каналов системы;
- обработку считанных из АСКРБ-1 данных с выводом результатов на экран дисплея, АЦПУ или записью их на магнитную ленту.

Обработка данных заключается в вычислении дозы (за смену, сутки или любой другой промежуток времени), мощности дозы при работе ускорителя и средней мощности дозы за выбранное время для каждого датчика системы.

Кроме этого АСКРБ-2 снабжена набором вспомогательных программ, которые позволяют подготавливать и отлаживать электронику и программы для работы подсистем, моделировать различные радиационные ситуации и проверять работу сигнализации и блокировок.

В заключение главы обсуждается возможность расширения зоны действия системы путем градуировки её в реальном поле ускорителя и установления корреляционной связи A_{ij} между откликами M_i дат-

чиков АСКРБ-I и наиболее вероятным значением максимальной эквивалентной дозы H_{jk} в k -й точке на местности от j -го вида излучения;

$$H_{jk} = \sum_i M_i A_{ijk} \quad /I/$$

Такой подход даст возможность увеличить эффективность использования АСКРБ и обеспечить необходимый контроль за облучением лиц категории Б (ограниченная часть населения).

В четвертой главе рассмотрены вопросы практического обеспечения требуемой достоверности контроля радиационной безопасности, а именно, точность измерений и надежность АСКРБ /2,3,5,8,10,11,13/.

В первом разделе главы предлагается в качестве приемлемой точности для стационарных средств контроля использовать порядок величины, то есть точность измерений будет достаточна, если система стационарного контроля позволит определять правильно порядок величины уровня излучения на любом контролируемом участке /10/. При работе в полях излучения с дозовыми нагрузками на персонал $\sim 0,1$ ПДД такое понятие точности совпадает с рекомендованным Международной комиссией по радиационным единицам. Кроме того, предложенный критерий точности достаточно хорошо отражает реальное положение в области контроля радиационной безопасности.

В следующих разделах дано описание опосредованных и аппаратуры диагностики АСКРБ (высоковольтного питания, каналов для измерения ионизирующих излучений, программы оперативной обработки "SDCF-IN").

Предложен и реализован новый способ контроля каналов детектирования нейтронов по измерению скорости счета "шумов" коронного разряда СМ-14 (рис. 4 б) с амплитудой выше заданного контрольного порога /3,5,8,11/. По сравнению с аналогами способ обладает рядом преимуществ.

- упрощает схему канала измерения и позволяет автоматизировать процесс контроля;
 - для диагностики требуется меньше времени, при этом возможно в широких пределах варьировать чувствительность контроля к изменению параметров цепи измерения;
 - позволяет создать любую реальную нагрузку канала (от $2 \cdot 10^{-3} \text{с}^{-1}$ до $2 \cdot 10^5 \text{с}^{-1}$);
 - аппаратура становится более безопасной в обслуживании, так как в ней отсутствуют контрольные радиационные источники.
- На основе разработанных способа и аппаратуры проверки исправности каналов измерения нейтронов предложена методика комплексной отладки АСКРБ, позволяющая быстро и надежно испытывать систему практи-

чески во всем диапазоне ожидаемых нагрузок по каналам измерения, включая диапазон аварийного облучения.

В работе предложено развитие нового способа диагностики на газонаполненные приборы, работающие в ином (не коронном) режиме регистрации ионизирующих излучений. С этой целью разработан новый газоразрядный детектор (рис. 7) с контрольным элементом 5 (рис. 7 а) в виде дополнительного коронирующего электрода /11,13/. Достоинством нового детектора является то, что, с одной стороны, он может использоваться для измерений слабоионизирующего излучения (гамма-кванты, бета-частицы и т.п.), а, с другой стороны, во время контроля работоспособности обладает всеми преимуществами коронных счетчиков типа СМ-14, применяемых для регистрации сильноионизирующих частиц (например, альфа-частиц).

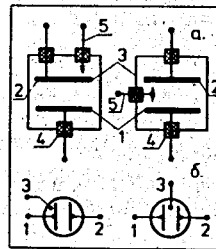


Рис. 7.
Устройство и обозначения (б) трехэлектродного детектора с контрольным элементом.

В диссертации проанализирована работа трехэлектродного детектора при включении его по импульсной, токовой и интегрально-импульсной схемам измерения.

Описанные в четвертой главе способы и аппаратура диагностики и настройки каналов измерения могут найти применение в других областях науки и техники.

Пятая глава посвящена итогам эксплуатации и перспективам развития АСКРБ /1,8-10,12/.

Во-первых, в ходе полторалетней эксплуатации в целом экспериментально подтверждена правильность решений, заложенных в АСКРБ, хорошая надежность и стабильность работы системы. Разработанные алгоритмы работы и методы диагностики АСКРБ-I обеспечивают необходимую достоверность радиационного контроля, в том числе, при аварийных радиационных ситуациях.

Основная трудность при измерениях на первом этапе заключалась в том, что фазотрон работал в нестационарном режиме с короткими экспозициями и малыми токами внутреннего пучка. Но даже при таких, в общем-то, неблагоприятных для исследований условиях с помощью системы уда-

лось накопить достаточную статистику и получить первые практические оценки радиационной обстановки. Они показывают, что при работе фазотрона с выводным каналом радиационная нагрузка на персонал измерительно-вычислительного центра ожидается в 2-3 раза меньшая, чем для синхротрона при одинаковых потерях протонов в камерах ускорителей. Это обусловлено иным распределением потерь ускоренных протонов на фазотроне, в котором большая часть потерь сосредоточена на элементах выводного канала, при этом район пристройки № 3 оказался затененным от вторичного излучения массивным ярмом магнита ускорителя.

Во-вторых, на основании опыта разработки и эксплуатации АСКРБ, литературных данных по действующим системам предложены типовые структура, состав и программное обеспечение аналогичных систем контроля для других базовых ускорителей ОИЯИ.

Дальнейшее совершенствование, расширение и унификация АСКРБ на базовых ускорителях и в экспериментальных помещениях ОИЯИ позволит перейти к созданию в Институте локальной сети радиационной безопасности. Её составными частями будут лабораторные комплексы АСКРБ, включающие в себя:

- аппаратуру контроля радиационной обстановки по всем видам излучения (в том числе, аппаратуру контроля загрязнения окружающей среды, воды и воздуха радиоактивными веществами);
- аппаратуру персонального контроля;
- аппаратуру для исследования параметров полей излучения;
- средства контроля качества проводки пучков заряженных частиц;
- сети внутренней и внешней сигнализации (блокировок), а также аппаратуру для контроля за состоянием их работы;
- пульты и информационные станции.

Такая локальная сеть даст возможность практически без увеличения численности служб радиационной безопасности значительно увеличить объем, улучшить качество и повысить оперативность радиационного контроля, что, в свою очередь, будет способствовать улучшению условий труда персонала и повышению эффективности работы ускорителей и экспериментальных установок.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты работы:

I. С учетом требований норм и правил по радиационной безопасности, результатов радиационных исследований и ожидаемой радиационной обстановки автором разработаны технические условия, структура, состав и порядок работы "Автоматизированной системы контроля радиационной безопасности фазотрона" ОИЯИ.

2. Впервые в СССР создана и внедрена в практику радиационного контроля на ускорителе заряженных частиц двухуровневая "Автоматизированная система контроля радиационной безопасности (АСКРБ)".

Объем контроля с помощью АСКРБ:

- подсистема первого уровня (АСКРБ-1) - не менее 48 датчиков ионизирующих излучений;

- подсистема второго уровня (АСКРБ-2) - не менее 3 подсистем первого уровня.

3 а. Разработан и внедрен в практику новый способ контроля работоспособности каналов измерения нейтронов с датчиками на основе коронных счетчиков (авторское свидетельство на изобретение СССР № 925188), при этом диагностика проводится без применения радиоактивных источников.

3 б. На основе разработанных способа и аппаратуры проверки исправности каналов измерения нейтронов создана и внедрена методика комплексной отладки АСКРБ, позволяющая испытывать систему в условиях экстремальных нагрузок и тем самым в полном объеме подготавливать её к измерениям.

4. Разработан новый газоразрядный детектор с контрольным элементом в виде коронирующего электрода (авторское свидетельство на изобретение СССР № 1162000) и схемы включения детектора в измерительную цепь канала. Контрольный элемент позволяет осуществлять проверку детектора и всей цепи канала без применения радиоактивных источников.

5. На основе опыта разработки и эксплуатации АСКРБ фазотрона, литературных данных по действующим системам предложены типовые структура, состав и программы работ аналогичных систем контроля для других ускорителей ОИЯИ, намечены основные направления их развития.

Результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Комочков М.М., Шишкин А.Л. Система дозиметрического контроля на установке "Ф" (Обоснование и структура), ОИЯИ, Р16-81-108, Дубна, 1981, 12 с.
2. Шишкин А.Л. Исследования свойств разряда коронного счетчика СНМ-14. ОИЯИ, 13-80-616, Дубна, 1980, 6 с.
3. Будяшов Ю.Г., Викторов В.Е., Паньшин В.А., Шишкин А.Л. Входные блоки для системы дозиметрического контроля на установке "Ф". ОИЯИ, 13-80-881, Дубна, 1980, 6 с.
4. Шишкин А.Л., Солнышкина М.Г. Алгоритм программы оперативной обработки информации для системы дозиметрического контроля на установке "Ф". ОИЯИ, Б1-16-81-343, Дубна, 1981, 9 с.

5. Будяшов Ю.Г., Шишкин А.Л. Способ контроля стабильности работы каналов с коронными счетчиками ионизирующих излучений. Авторское свидетельство СССР № 925188 от 05.11.80, бюлл.ОИПОТЗ, 1982, № 39, с. 306.
6. Сидоров В.Т., Шишкин А.Л. Автоматизированная система дозиметрического контроля на установке "Ф" (первая очередь). ОИЯИ, РГ-82-25, Дубна, 1982, 7 с.
7. Сидоров В.Т., Шишкин А.Л. Программное обеспечение первой очереди Автоматизированной системы дозиметрического контроля на установке "Ф". ОИЯИ, IO-82-6I, Дубна, 1982, 5 с.
8. Будяшов Ю.Г., Шишкин А.Л. Канал детектирования нейтронов с датчиком на основе коронного счетчика СММ-14. ОИЯИ, I3-82-743, Дубна, 1982, 5 с.
9. Громов В.О., Онищенко Л.М., Сидоров В.Т., Шишкин А.Л. Автоматизированная система дозиметрического контроля установки "Ф". ОИЯИ, IO-84-647, Дубна, 1984, 6 с.
10. Онищенко Л.М., Шишкин А.Л. Автоматизированные системы контроля радиационной безопасности на ускорителях высоких энергий. ОИЯИ, I3-85-274, Дубна, 1985, 16 с.
11. Онищенко Л.М., Шишкин А.Л. Аппаратура с газоразрядными детекторами ионизирующих излучений и методы её диагностики. ОИЯИ, РГ3-85-215, Дубна, 1985, 10 с.
12. Громов В.О., Онищенко Л.М., Сидоров В.Т., Шишкин А.Л. Микропроцессорная система дозиметрического контроля фазотрона ОИЯИ. В сборнике аннотаций докладов и сообщений XII-го Международного симпозиума по ядерной электронике (Дубна, 2-6 июля 1985). ОИЯИ, Д13-85-359, Дубна, 1985, с. 94.
13. Шишкин А.Л. Газоразрядный прибор. Авторское свидетельство СССР II62000 от 02.12.83, бюлл. ОИ, 1985, № 22, с. 223.

Дополнительная литература:

14. Васильев Д., Ву Чунг Ньеу, Журавлев Н.И., Игнатъев С.В., Саламатин А.В., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Стахин А.А., Чурин И.Н. Цифровые блоки в стандарте КАМАК (выпуск XII). ОИЯИ, РГО-84-860, Дубна, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 ноября 1985 года.