



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2000-26

ОРИ

С.И. Купцов, В.Н. Пелешко, А.Л. Сумароков, М.Н. Чиманков,
В.А. Ключников

**ДЕТЕКТОРЫ И АППАРАТУРА
СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ
УСКОРИТЕЛЯ У-70**

Протвино 2000

Аннотация

Купцов С.И. и др. Детекторы и аппаратура системы радиационного контроля ускорителя У-70: Препринт ИФВЭ 2000-26. – Протвино, 2000. – 17 с., 9 рис., 2 табл., библиогр.: 5.

Описан детектирующий комплекс и аппаратное обеспечение системы радиационного контроля ускорителя У-70. Приведены технические характеристики различных детекторов АСРК. Показано влияние быстрого вывода на счетные характеристики детекторов нейтронов.

Abstract

Kupcov S.I. et al. Detectors and Hardware Equipment of the Radiation Control System of U-70 Accelerator: IHEP Preprint 2000-26. – Protvino, 2000. – p. 17, figs. 9, tables 2, refs.: 5.

The detector complex and hardware equipment of the radiation control system of accelerator U-70 are described. The technical characteristics of different detectors of radiation control system are presented. The influence of fast proton beam extraction on counting characteristics of neutron detectors is shown.

Введение

Радиационный контроль облучаемости сотрудников ИФВЭ проводится средствами индивидуального интегрального контроля персонала (индивидуальные кассеты), переносными приборами и автоматизированной системой радиационного контроля (АСРК). Переход на новые нормативы радиационной безопасности НРБ-99 требует пересмотра всего детектирующего комплекса радиационного контроля РК, методик градуировки и обработки данных, а также самой организации РК в рамках единой системы сбора, обработки и хранения данных всех регламентируемых НРБ-99 систем и подсистем контроля. Автоматизированная система радиационного контроля АСРК является частью системы обеспечения радиационной безопасности ускорителя протонов У-70 и предназначена для получения, обработки и хранения непрерывной и периодической информации о радиационной обстановке на ускорительном комплексе [1,2].

АСРК является основной системой предотвращения переоблучения персонала, так как ведет контроль за радиационной обстановкой в реальном масштабе времени и блокирует все радиационно опасные режимы работы ускорительного комплекса У-70.

Система АСРК имеет особое значение в системе обеспечения радиационной безопасности ИФВЭ в связи с относительно слабой биологической защитой экспериментальных залов У-70 и отсутствием технической возможности ее усиления (предельная нагрузка на пол, требуемые технологические проезды подъемного крана). Сеть из 150 радиационных мониторов АСРК охватывает все экспериментальные установки и залы 1БВ; 2; 2А и позволяет оперативно контролировать поле излучения за защитой ускорителя.

Характеристики полей излучения на рабочих местах сильно зависят от режимов работы ускорителя и от потерь пучка частиц. Исследования полей излучения ускорителя дали возможность определить наиболее радиационно опасные участки, а детекторы АСРК, установленные в таких ключевых точках, — объединить в подсистему автоматического управления радиационной блокировкой работы ускорительного комплекса (УК). При превышении контрольных уровней излучения главный пульт управления У-70 совместно с дежурным дозиметристом проводит работу по нормализации радиационной обстановки.

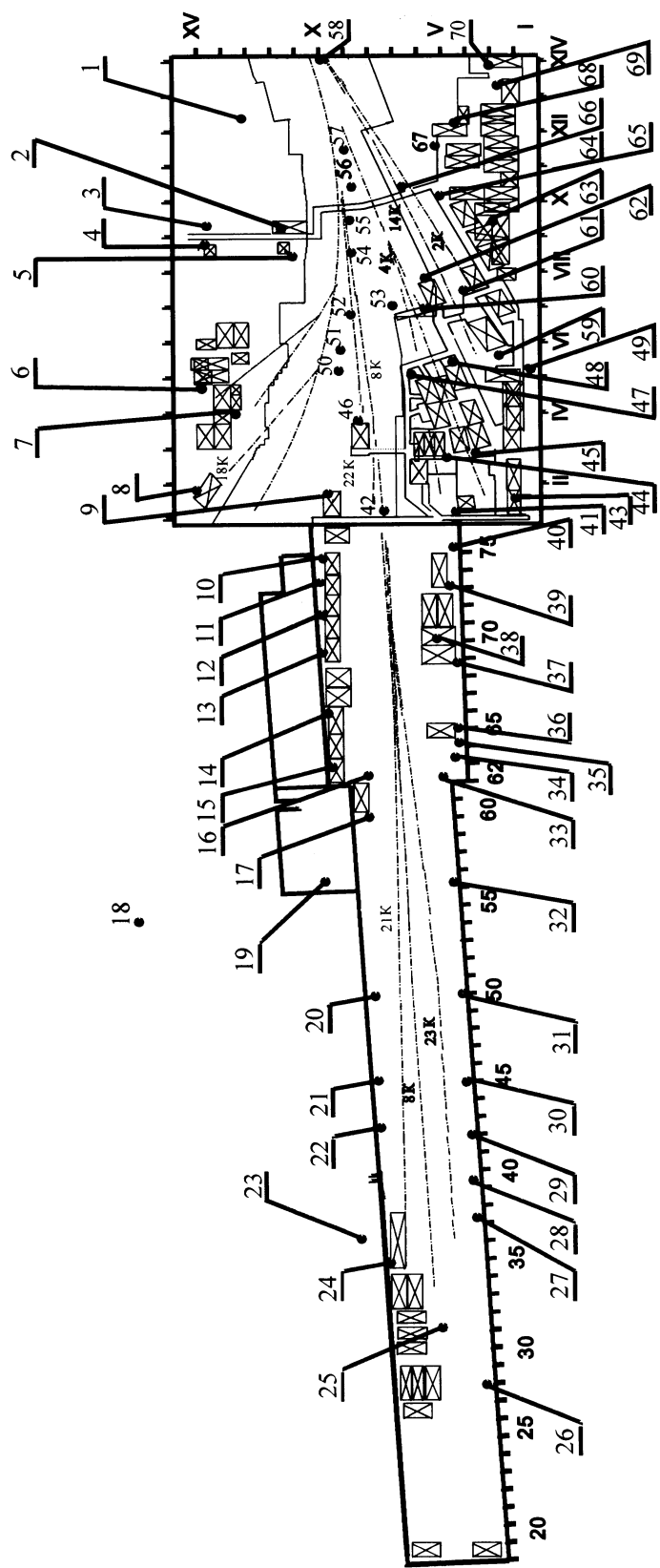


Рис. 1. Схема размещения точек радиационного контроля системы АСРК.

Схема размещения точек радиационного контроля (рис. 1), типы детекторов, степень достаточности точек контроля выбраны исходя из опыта работы, многочисленных измерений радиационной обстановки в различных режимах работы УК и согласно проекту “Физическое обоснование радиационного контроля в ИФВЭ”. Типы расположенных в точках контроля детекторов зависят от измеряемого компонента и уровней излучения, а также возможных аварийных ситуаций (Приложение 1).

Источниками мгновенного нейтронного, фотонного и мюонного излучений являются ускорительные установки комплекса и каналы вывода частиц. При работе ускорителя за биологической защитой возникают радиационные поля с периодической временной структурой, обусловленной частотой обращения пучка протонов в кольце (период обращения 5 мкс), количеством банчей (сгустков протонов длительностью ~ 35 нс) и процессами вывода пучка из ускорителя.

Источниками наведенного излучения является активированное оборудование ускорительных установок, каналов вывода, мишенных станций и поглотителей. В течение всего цикла работы ускорителя (10 с) теоретически возможна частичная или полная потеря пучка протонов в любом месте ускорительного тракта синхрофазотрона, что может привести к аварийным ситуациям, в случае которых система АСРК блокирует работу ускорителя.

Детектирующий комплекс системы АСРК состоит из сети нейтронных детекторов БДН и РМ, мюонных детекторов БДМ, детекторов контроля выбросов радиоактивных газов в атмосферу БДГ, интегрирующих пассивных радиационных мониторов ПРМ, расположенных на рабочих местах персонала и в санитарно-защитной зоне ускорителя, и комплекса переносных средств оперативного контроля смешанных полей излучения.

Аппаратная часть АСРК состоит из приемных и пересчетных модулей, обрабатывающей и управляющей электронной аппаратуры, контроллеров К-331, системы диагностирования работы детекторов, аппаратуры связи с главным пультом управления У-70, информационных табло и компьютеров АСРК (Pentium-200), связанных локальной сетью с сервером радиационного контроля с находящимися на нем базами данных радиационного контроля, оснащенным модемом и сетевыми картами и имеющим доступ к информационной сети Интернет.

Детекторы АСРК

Детекторы АСРК состоят из датчиков излучения с усилительно-преобразующей электроникой, источниками питания, адаптерами и кабельными коммуникациями.

Используются 150 детекторов нейтронов, фотонов и мюонов следующих пяти типов:

- РМ (радиационные мониторы на основе активационных детекторов) для измерения эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы нейтронного излучения;
- БДН (высокочувствительный блок детектирования нейтронов на основе счетчика нейтронов СНМ) для измерения эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы нейтронного излучения с нижним порогом регистрации от уровня естественного фона;
- БДМ (блок детектирования фотонов и мюонов) для измерения эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы фотонного и мюонного излучений;

- БДГ (блок детектирования гамма-излучения) для измерения наведенной активности выбрасываемого воздуха из кольцевого ускорителя и мишенных станций;
- ПРМ (интегральные блоки детектирования нейтронов на основе термолюминесцентных детекторов ТЛД, размещенных в шаровом полиэтиленовом замедлителе) для измерения интегральной дозы нейтронов на рабочих местах персонала за весь сеанс работы ускорителя.

Радиационный монитор РМ [1] представляет собой полиэтиленовый шаровой замедлитель нейтронов диаметром 254 мм, в полости которого находится активационный родиевый детектор нейтронов ($Rh^{103} - Rh^{104}$), представляющий собой газоразрядный бета-счетчик, обернутый 100 мкм фольгой-конвертером из родия (сечение захвата тепловых нейтронов 150 барн, период полураспада 44 с и 4,3 мин, энергия бета частиц 2,44; 0,48 МэВ). Большая энергия бета-частиц Rh^{104} позволяет использовать сравнительно толстый конвертер, не опасаясь значительного самопоглощения в нем. Работа системы основана на измерении активности Rh^{104} , наведенной импульсным нейтронным излучением в родиевой фольге, в паузы между циклами работы ускорителя. Благодаря большой площади конвертера и большому сечению захвата тепловых нейтронов такой детектор представляет собой чрезвычайно чувствительный монитор, показания которого не зависят ни от длительности импульсов излучения, ни от временной структуры излучения. Изменяя размеры конвертера, можно изменять чувствительность детектора, при этом нижний порог чувствительности лежит в пределах от 3 до 20 н/см²с. Верхний порог ограничен временным разрешением счетчика ($1 \cdot 10^{-3}$ с).

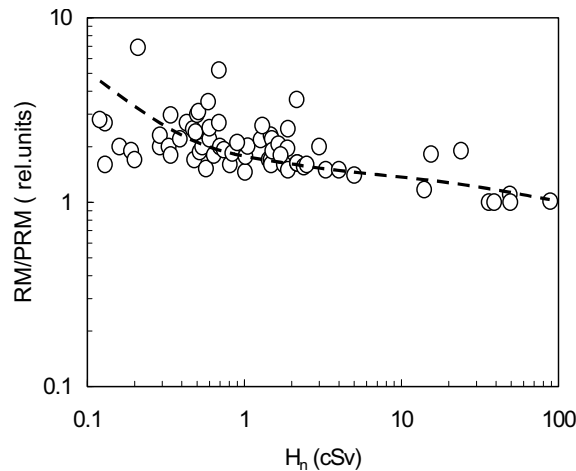


Рис. 2. Отношение измеренной величины эквивалентной дозы нейтронов по показаниям ПРМ и РМ в зависимости от интегральной дозы по ПРМ.

Начиная с 1989 г., в 13 точках расположения РМ АСРК проводились измерения интегральной дозы за сеанс с помощью пассивных радиационных мониторов ПРМ [3]. За каждый сеанс фиксировалась интегральная эквивалентная доза нейтронов, измеренная с помощью РМ и ПРМ. На рис. 2 представлено отношение измеренных величин в зависимости от интегральной дозы по показаниям ПРМ.

Представлены данные по всей совокупности измерений за разные сеансы ускорителя и по разным точкам измерений. Рост отношения показаний РМ к ПРМ с уменьшением

Так как радиационный монитор системы АСРК чувствителен в основном к нейтронам ниже 20 МэВ (а поле смешанного излучения формируется еще и высокоэнергетическими адронами, мюонами и фотонами), то учесть вклад адронов, фотонов, мюонов и заряженных частиц можно только калибруя монитор в этом поле излучения. Для этих целей используются опорные поля излучения У-70. В качестве образцовых средств измерения применяются ЛПЭ-спектрометр, многошаровой спектрометр Боннера и аналоговый компонентный бэрметр (АКБ), которые используются для калибровки радиационных мониторов системы АСРК в единицах полной эквивалентной дозы смешанного излучения ускорителя непосредственно в точке расположения монитора.

интегральной дозы объясняется наличием собственного фона у РМ. Необходимо отметить, что оба типа детекторов имеют замедлитель одинакового диаметра (один и тот же энергетический диапазон регистрации нейтронов), градуировка проводилась в одинаковых условиях.

За верхней защитой РМ занижает величину эквивалентной дозы в 1,5–2,0 раза вследствие вклада сверхбыстрых нейтронов с энергией выше 20 МэВ, к которым РМ имеет пониженную чувствительность. За боковой защитой РМ завышает величину эквивалентной дозы в 1,5–2,0 раза вследствие повышенной чувствительности к промежуточным нейтронам. В районе каналов заряженных частиц основной вклад в полную эквивалентную дозу дают мюоны, к которым РМ не чувствителен. Занижение в измерениях с помощью РМ эквивалентной дозы в этом случае достигает от 2 до 9 раз. Поправочный коэффициент сильно изменяется в зависимости от режима работы канала, так как если мюонная компонента зависит от интенсивности пучка, сбрасываемого на мишени, то нейтронная компонента — от режима вывода пучка и работы внутренних мишеней ускорителя и каналов частиц. Таким образом, проведенные исследования полей излучения ускорителя в различных режимах работы комплекса показали необходимость разработки новых более чувствительных и низкофоновых детекторов нейтронов и мюонов для системы АСРК как системы контроля источника излучения.

Были проведены исследования различных детекторов нейтронов для определения возможности их использования в поле смешанного импульсного излучения ускорителя. На рис. 3 показаны счетные характеристики пропорциональных и коронных счетчиков, а на рис. 4 — влияние длины кабеля на счетную характеристику нейтронного счетчика.

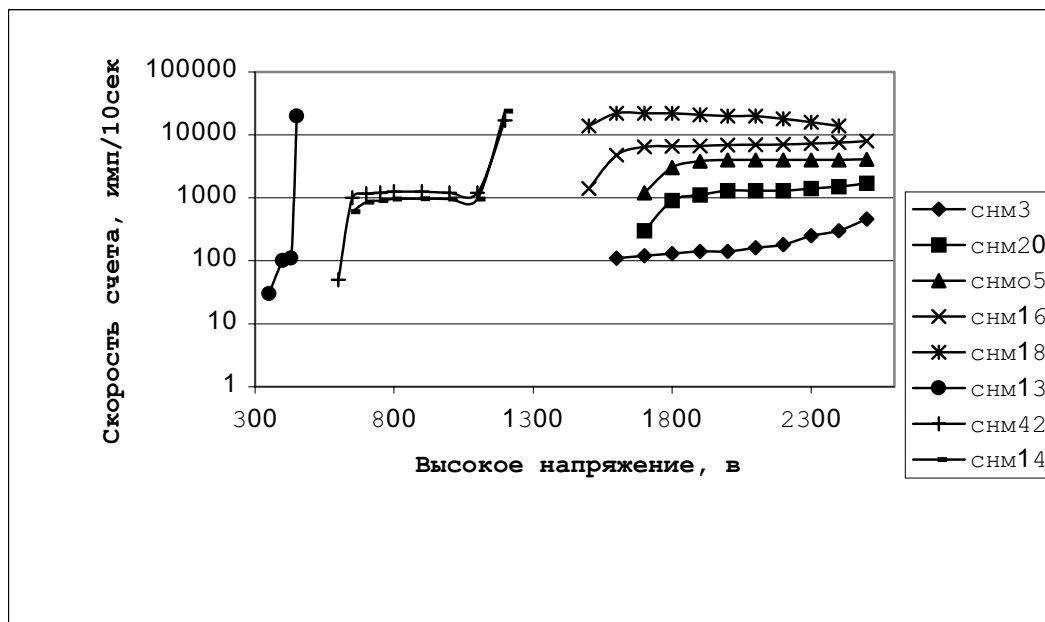


Рис. 3. Счетные характеристики пропорциональных и коронных счетчиков нейтронов.

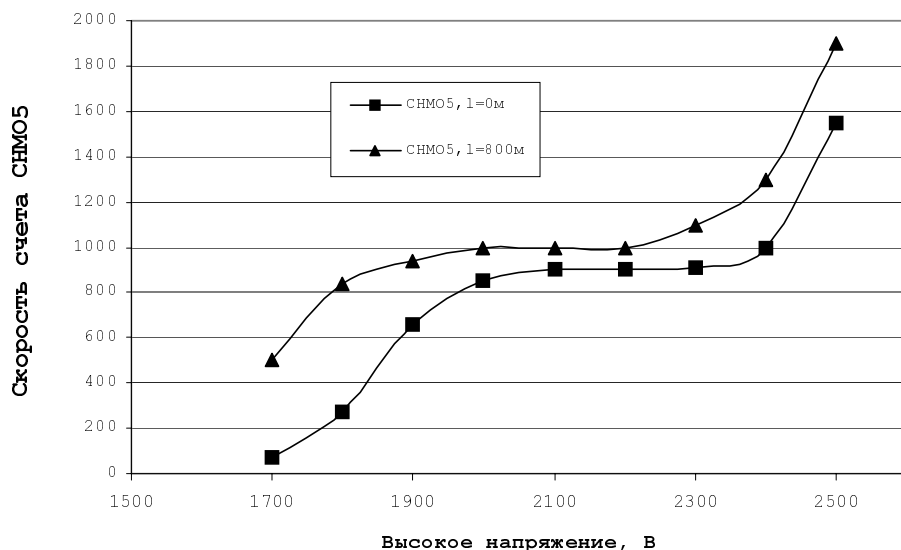


Рис. 4. Счетная характеристика счетчика СНМО5 в зависимости от длины кабеля (0,800 м).

В условиях ИФВЭ требование работоспособности детекторов при удалении от пульта до 800 м имеет принципиальное значение, так как протяженность каналов частиц и экспериментальных залов составляет сотни метров. Поэтому исследовалось влияние длины кабеля на счетную характеристику нейтронного счетчика. Рис. 4 показывает, что счетчики СНМ можно использовать на протяженном комплексе ИФВЭ.

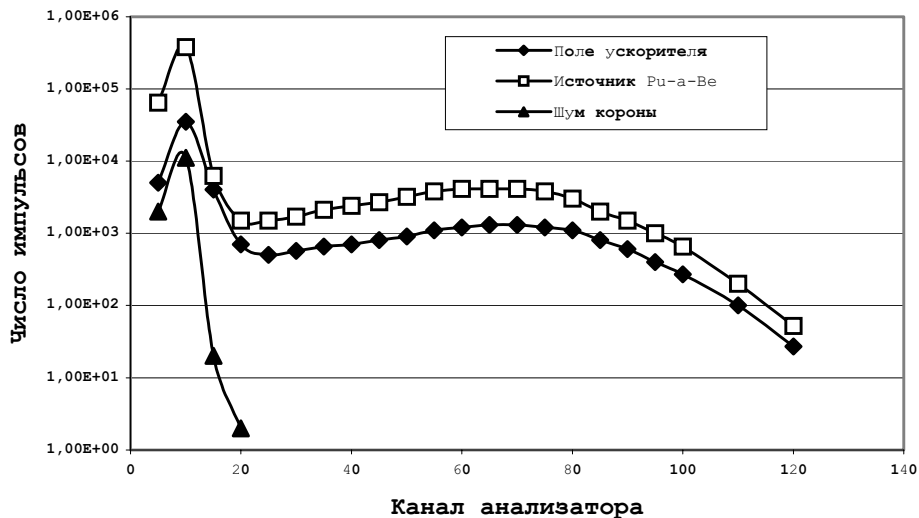


Рис. 5. Амплитудные спектры детектора нейтронов СНМ-14 в нейтронном поле $Pu - a - Be$ источника, за защитой ускорителя и шумами короны.

На рис. 5 показаны амплитудные спектры коронного счетчика СНМ14 в нейтронном поле источника $Pu - a - Be$ и в поле излучения ускорителя. Можно видеть из рисунка, что спектры от источника и от ускорителя практически одинаковы, а спектры от фотонов совпадают с шумами короны. Это и позволяет применять СНМ в смешанных $\mu - \gamma$ -

полях излучения вокруг У-70. Краткая характеристика используемых счетчиков СНМ приведена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики счетчиков нейтронов СНМ.

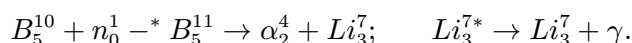
Тип счетчика	Пропорциональный		“Коронный”
	СНМО-5	СНМ-3	СНМ-14
Амплитуда сигналов от нейтронов	≥ 5 мВ	≥ 5 мВ	“шумы короны” до ~ 15 мВ
Длительность сигнала со счетчика	2–5 мкс	2–5 мкс	≥ 10 мкс
Максимально допустимый фон γ -излучения	10 Р/час	10 Р/час	1500 Р/час
Фон счетчика при макс. уровне γ -излучения (имп/мин)	3 имп/мин	0.3 имп/мин	1 имп/мин
Уровень дискриминации γ -изл. по амплитуде сигнала	~ 1 мВ	~ 0.5 мВ	≥ 15 мВ “шумы короны”
Диапазон рабочих температур ($^{\circ}\text{C}$)	-20 – +30	-20 – +30	-50 – +150
Срок службы	10^{10} имп.	10^{10} имп.	10000 час
Наполнение СНМ	Газ BF_3 , обогащенный B^{10} до $\cong 85\%$, давл. — 250 мм.рт.ст.	Газ BF_3 , ест. смесь $\text{B}^{10} \cong 20\%$ Давл. — 240 мм.рт.ст.	Корпус покрыт аморфным твердым бором, содержащим B^{10} до 85%; заполнение инертным газом.

Детектор БДН представляет собой полиэтиленовый шаровой замедлитель нейтронов диаметром 254 мм, в полости которого находится пропорциональный счетчик нейтронов типа СНМ18, СНМ05 или СНМ3. Конструктивно детектор выполнен таким образом, что в него можно вставлять счетчики разного типа (имеется набор полиэтиленовых вставок) в зависимости от требований. Высокочувствительные счетчики СНМ18 и СНМ05 позволяют регистрировать нейтронное излучение практически от уровня естественного фона, а более грубые счетчики СНМ3 и СНМ14 используются в местах более высокого уровня излучения.

Детектор БДМ представляет собой фотоумножитель типа ФЭУ-85, оснащенный конвертором из свинцового стекла. Черенковское излучение, возникающее в стекле при прохождении мюонов, высокоэнергетических фотонов ($E > 2$ МэВ) и протонов ($E > 500$ МэВ), регистрируется фотоумножителем и в виде импульсов передается по кабельной линии в адаптер.

Детектор БДГ представляет собой счетчик Гейгера-Мюллера, вставляемый в воздухопровод и регистрирующий наведенную радиоактивность выбрасываемых в атмосферу воздуха и аэрозолей. В рамках перехода на НРБ-99 проведены расчетные исследования и разработана методика градуировки и поверки детекторов контроля выбросов радиоактивного воздуха на основе протяженного калиброванного источника.

Регистрация медленных нейтронов счетчиками, имеющими в своем составе боросодержащий компонент, осуществляется при помощи ядерной реакции



Ионизация в газе счетчика производится образующимися α -частицами и ядрами отдачи Li_3^7 с суммарной кинетической энергией около 2,3 МэВ. В 93,7% случаев ядро Li_3^{7*} образуется в возбужденном состоянии с последующим испусканием γ -квантов с энергией $E_\gamma = 478$ КэВ. Амплитуда импульсов в счетчике с BF_3 -наполнителем от γ -излучения значительно меньше, чем от α -частиц, и поэтому практически не регистрируется электроникой. Это позволяет применять СММ в смешанных $\mu - \gamma - n$ -полях излучения.

Блоки детектирования нейтронного и мюонного излучений БДН и БДМ запитываются по кабелям типа РК-75 от источников питания +24 В. В самих детекторах находятся платы регулируемого стабилизированного высоковольтного преобразователя 24 В/2500 В и усилителя-формирователя. Выходные сигналы с блоков детектирования (последовательность сформированных импульсов с частотой следования, пропорциональной мощности дозы) по тому же кабелю поступают в приемные модули электроники (адаптеры) и далее (в стандарте NIM или TTL) на счетчики импульсов в крейте или в ЭВМ.

Характеристики блоков детектирования РМ, БДН и БДМ приведены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики детекторов РМ, БДН, БДМ.

Детектор	РМ	БДН	БДМ
Энергетический диапазон измеряемого нейтронного излучения	0.025 – 2 · 10 ⁷ эВ	0.025 – 2 · 10 ⁷ эВ	Мюонного — >10 МэВ, фотонного — >1 МэВ.
Чувствительность блока детектирования	~40 имп/мкЗв	~ 7 · 10 ³ имп/мкЗв	~ 10 ⁵ имп/мкЗв
Основная погрешность измерения мощности эквивалентной дозы	<30%	<30%	<40%
Диапазон мощности дозы	5-2000 мкЗв/ч.	до 1,3 мЗв/ч	до 30 мЗв/ч
Нестабильность показаний блока детектирования за 24 часа непрерывной работы	<8%	не более 5%	не более 8%
Фон счетчика (имп/мин.)	5 имп/мин	0.3 имп/мин	~100 имп/мин
Время установления рабочего режима	не более 30 минут	не более 30 минут	не более 30 минут
Диапазон рабочих температур, С ⁰	+1 – +30	-12 – +40	-2 – +50

В Приложении 2 представлены принципиальные схемы разработанных блоков детектирования излучения БДН и БДМ.

Детекторы БДН и БДМ прошли комплексные испытания на радионуклидных источниках фотонов и нейтронов и в полях смешанного нейтрон-фотонного излучения за защитой ускорителя. Ниже приводятся результаты этих испытаний.

На рис. 4 показаны типичные счетные характеристики БДН в зависимости от высоко-го напряжения и длины кабеля между детектором и приемным адаптером. Формирователь импульсов находится внутри детектора, поэтому детекторы не меняют показаний в зави-симости от длины кабеля (проверено на радионуклидном источнике нейтронов до 800 м).

Поскольку поле излучения ускорителя имеет сложную временную структуру, то ис-следовалась реакция детекторов АСРК на быстрый вывод пучка из ускорителя, так как при таких быстрых процессах детекторы могут занижать мощность дозы излучения. Рис.6 показывает отклики различных детекторов в поле излучения ускорителя-инжектора ЛУ-30.

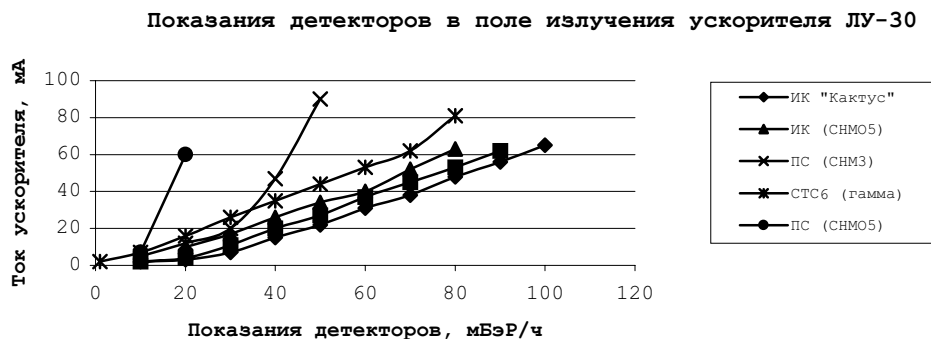


Рис. 6. Отклики различных детекторов в районе поглотителя пучка протонов ускорителя ЛУ-30, энергия протонов 9 МэВ (ПС, ИК — счетный и токовый режимы работы счетчиков нейтронов соответственно, ■ — радиационный монитор АСРК).

На рис. 7 приведен отклик детекторов на быстрый вывод пучка в точке, распо-ложенной над трактом вывода, а на рис. 8 — над мишенной станцией канала вывода № 8. Анализ данных показывает, что показания детекторов РМ не зависят от времен-ной структуры ускорителя. Детекторы БДН со счетчиком нейтронов СНМОЗ начинают занижать мощность дозы, начиная с 30 мкЗв/час. Мертвое время детекторов БДН около 2 мкс. В работах [4, 5] показано, что время замедления нейтронов в шаровом замедлителе составляет около 100 мкс, поэтому детекторы БДН работоспособны и в импульсных по-лях излучения ускорителя (при невысоких уровнях излучения или при небольшом вкладе быстрых процессов в формировании дозы излучения за защитой ускорителя).

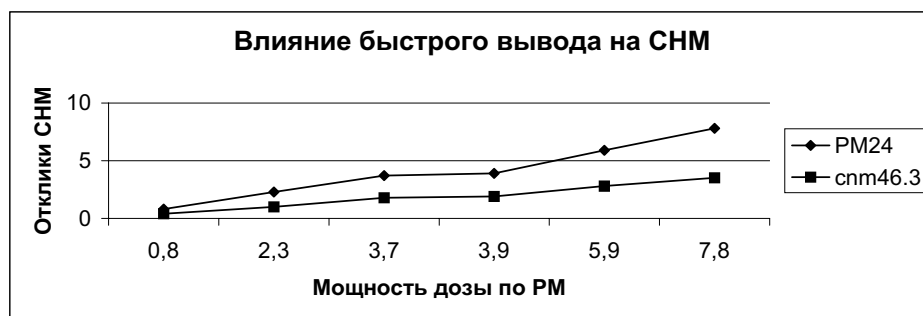


Рис. 7. Отклики детекторов РМ и БДН на быстрый вывод пучка протонов из ускорителя У-70 (РМ24 — радиационный монитор АСРК, cnm46.3 — счетчик СНМЗ).

Сравнение показаний детекторов в поле излучения при быстром выводе протонов

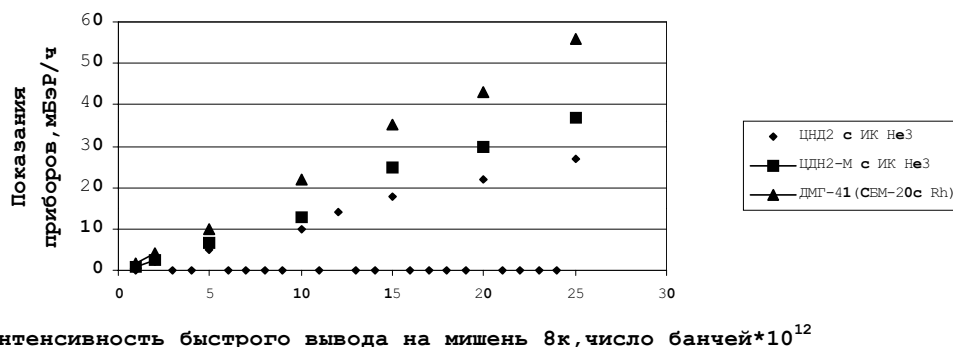


Рис. 8. Отклики различных детекторов в районе мишенной станции 8-го канала ускорителя У-70 с энергией протонов 70 ГэВ (ДМГ-41 — радиационный монитор АСРК).

Стабильность показаний детекторов БДН, РМ и БДМ проверялась в течение 70 суток работы (фон и источник). Наибольшая нестабильность наблюдалась в первые 8 часов работы. На рис. 9 приведены показания детекторов РМ и БДН за 8-часовые интервалы работы (смены) в течение сеанса работы ускорителя. Плато в начале и в области 35-ой смены показывают простой ускорителя (или его плохую работу). Отношение показаний РМ и БДН в начале графика (рис. 9) показывает, что детектор нейтронов БДН чувствительнее РМ примерно в 100 раз.

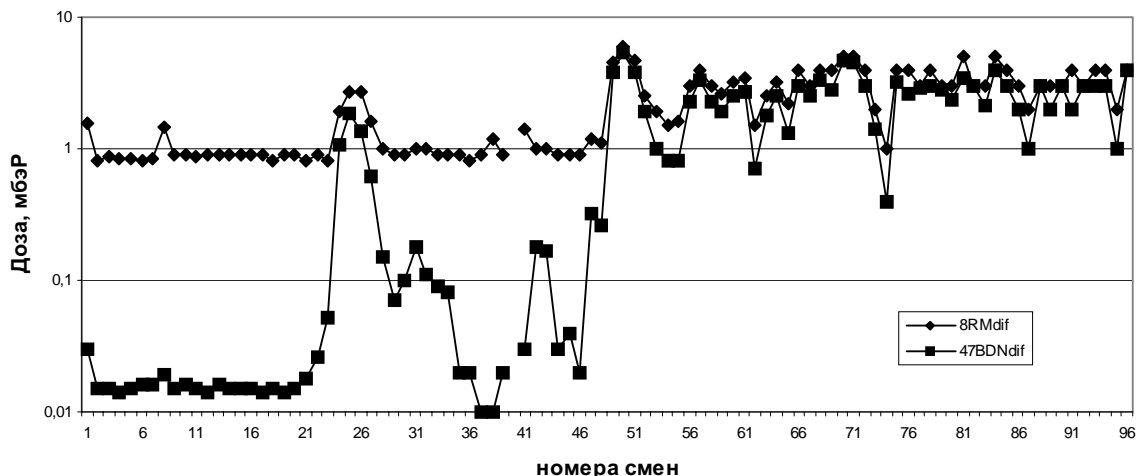


Рис. 9. Показания расположенных рядом детекторов РМ8 и БДН47 (■) за смену (8 часов) за весь сеанс работы ускорителя.

Аппаратура АСРК

Управление светозвуковыми табло и мнемосхемой размещения детекторов производится с помощью выходного параллельного регистра Р22.

Управление сигналами запретов на работу ускорителя при аварийном превышении мощности дозы осуществляется с помощью параллельного выходного регистра Р22. При-

чем схема построена таким образом, что случайный обрыв линии связи воспринимается системой управления ускорителем как сигнал *“Запрет”*. Предусмотрена возможность ручного блокирования оператором АСРК работы ускорителя.

Сигналы синхронизации работы АСРК с циклом ускорителя поступают по кабельным линиям из системы синхронизации ускорителя. Используются сигналы: *“Начало цикла”*, *“Конец стола КС1”*, *“Начало БВ”*, *“Конец БВ”*, *“Начало МВ”*, *“Конец МВ”*, *“Конец стола КС2”*, *“ФЭП”*. Сигналы поступают в блок управления запросами ЭВМ.

Информация об интенсивности пучка протонов в ускорителе после процессов инъекции, ускорения, быстрого вывода, медленного вывода, работы внутренних мишеней поступает по одному кабелю на модуль дешифровки интенсивности и затем в пересчетные модули.

Для индикации остановок ЭВМ используется таймер. Таймер программируется на выработку временного интервала, превышающего период опроса блоков детектирования излучений (~ 10 с). При нормальной работе в каждом цикле опроса ЭВМ перезапускает программный таймер, и сигнал включения аварийного светозвукового сигнализатора не появляется.

Детекторы АСРК размещены в экспериментальных залах в точках контроля, приведенных на рис. 1. Типы используемых детекторов в каждой точке контроля показаны в Приложении 1. Детекторы функционально делятся на две группы. Первая — это детекторы, включенные в технологическую линию управления ускорителем У-70. При неблагоприятной радиационной обстановке в любом из районов, контролируемых детектором данной группы, система в автоматическом режиме выдает сигнал запрета на выводное устройство быстрого и медленного выводов, обеспечивая при превышении порогового значения мощности дозы блокировку выводного устройства пучка в канал на такое время, чтобы среднее значение мощности дозы не превышало ПДУ для профессионалов. Во второй группе детекторов, размещенных в экспериментальном зале на рабочих местах, программой предусмотрена выдача информации о превышении установленного порога на мнемосхему и дисплей дежурному оператору.

Работа аппаратной части АСРК синхронизована с циклом работы У-70. С поступлением импульса *“Начало цикла ускорения”* (НЦУ) по линии связи АСРК с системой синхронизации ускорителя в блоке формирования импульсов вырабатываются три временных интервала, необходимых для снятия информации с РМ и пересылки ее в ЭВМ. Первый из них с приходом импульса НЦУ отрабатывает время задержки, равное длительности нарастания магнитного поля и работе мишеней на столе. С окончанием этого интервала вырабатывается импульс, обеспечивающий запуск второго таймера и включение импульсного блока питания РМ. Длительность интервала выбирается таким образом, чтобы к моменту окончания цикла работы ускорителя с пучком напряжение на счетчиках Гейгера достигло номинального значения +450 В. По окончании второго интервала таймера обеспечивается открытие входных блоков опроса РМ на фиксированный интервал времени (2 с).

Модулем связи РМ с системой СУММА является блок входных преобразователей, с выхода которого информация с РМ поступает на входы пересчетных модулей С265. После отработки измерительного интервала таймер выдает импульс, который поступает на системный контроллер К331 для запуска программы АСРК, осуществляющей сбор и обработку данных с детекторов АСРК. Если имеется превышение по мощности дозы РМ или СНМ, которые включены в технологическую линию управления выводом пучка на

внешние мишени, то на регистре Р-29 формируется сигнал запрета на вывод пучка. Этот сигнал поступает на вход блока запрета, преобразовывается в сигнал TTL и по кабельной линии передается на пульт управления выводом. Дублирующий сигнал используется для включения табло на пульте дежурного дозиметриста, сигнализирующего о наличии запрета вывода на внешние мишени. Предусмотрено, что дежурный может с пульта вмешиваться в процедуру выдачи системой АСРК запрета на вывод пучка на внешние мишени, уменьшить число запрещенных циклов или вообще отменить запрет вывода пучка на внешние мишени. Этот режим не является рабочим и используется только в случаях сбоев в ЭВМ или при поступлении ложных сигналов (например, наличие в момент измерения в районе РМ мощного радионуклидного источника и т.п.).

Для контроля и настройки аппаратуры, отладки программного обеспечения и моделирования различных радиационных ситуаций в АСРК предусмотрен генератор, позволяющий тестировать каждый измерительный канал системы. Весь измерительный тракт, включая детекторы, перед началом сеанса проверяется на работоспособность с помощью радионуклидного источника.

Поскольку обсчет РМ [1] осуществляется в отсутствие излучения на ускорителе, длительность цикла которого может меняться, то в АСРК введен ряд технологических сигналов, образующих развитую систему прерываний АСРК. Программа ведет ежециклический контроль времени съема информации с РМ. Если время съема информации совпадает с наличием пучка в ускорителе (инжекция бустера или работа внутренних мишеней), то оператору будет выдано сообщение об этом, чтобы он мог правильно установить время запуска обсчета РМ.

Эксплуатация системы АСРК показала высокую надежность работы детекторов, аппаратуры и программного обеспечения. Детекторы РМ проработали более 25 лет практически без сбоев, а детекторы БДН и БДМ к настоящему времени эксплуатируются без поломок в течение двух сеансов работы ускорителя.

В заключение авторы выражают благодарность персоналу Службы радиационного контроля ИФВЭ за полезные замечания и конструктивный настрой при эксплуатации детектирующего комплекса и программного обеспечения АСРК.

Список литературы

- [1] Бородин В.Е. и др. Препринт ИФВЭ 75-135. – Серпухов, 1975.
- [2] Барейша Ф.Ф. и др. Автоматизированная система радиационного контроля на Серпуховском синхротроне. – В сб.: X Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986.
- [3] Алексеев А.Г., Бараненков Н.Н., Головачик В.Т., Лебедев В.Н. Препринт ИФВЭ 99-36. – Протвино, 1999.
- [4] Громов В.О., Панюшкин В.А., Шишкин А.Л. Препринт ОИЯИ 16-87-228. – Дубна, 1987.
- [5] Комочков М.М., Лебедев В.Н. Практическое руководство по РБ на ускорителях заряженных частиц. — М.: Энергоатомиздат, 1986, с.117.

Рукопись поступила 29 июня 2000 г.

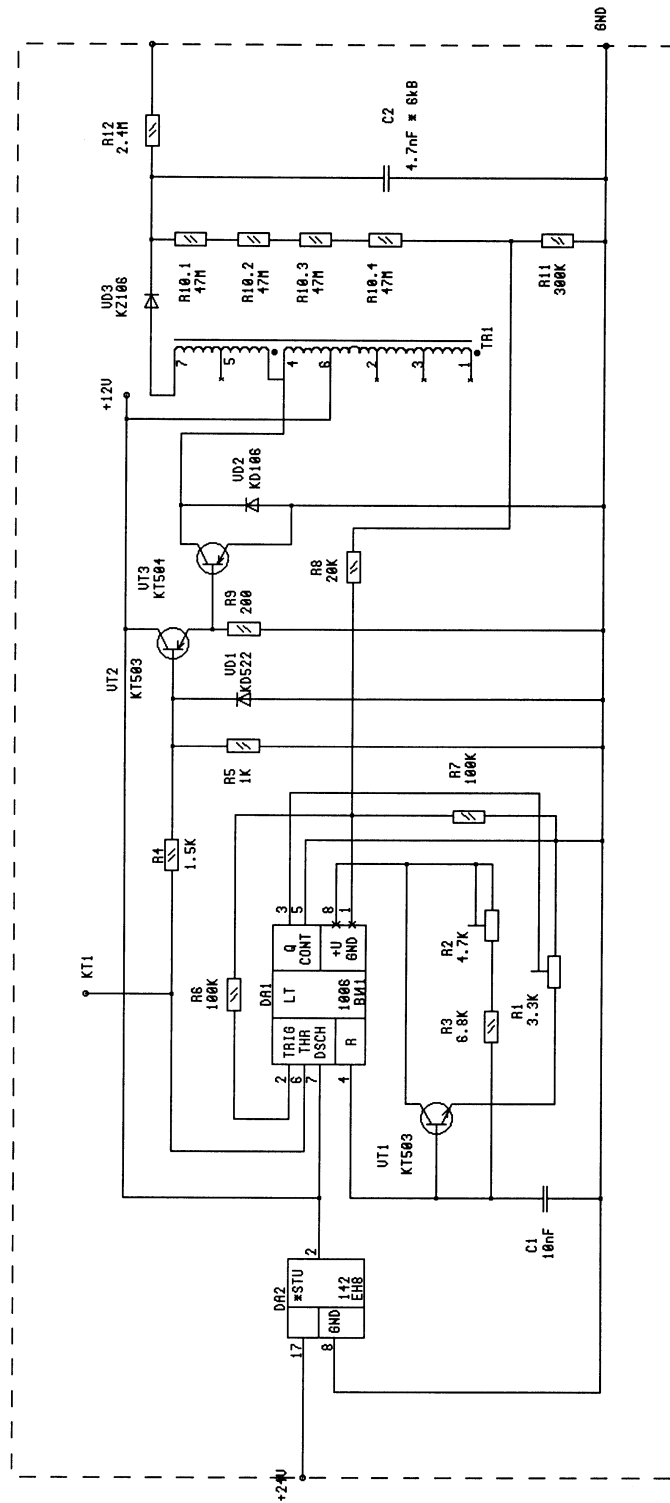
Приложение 1

Таблица используемых типов детекторов излучения в точках контроля согласно схеме размещения в экспериментальных залах.

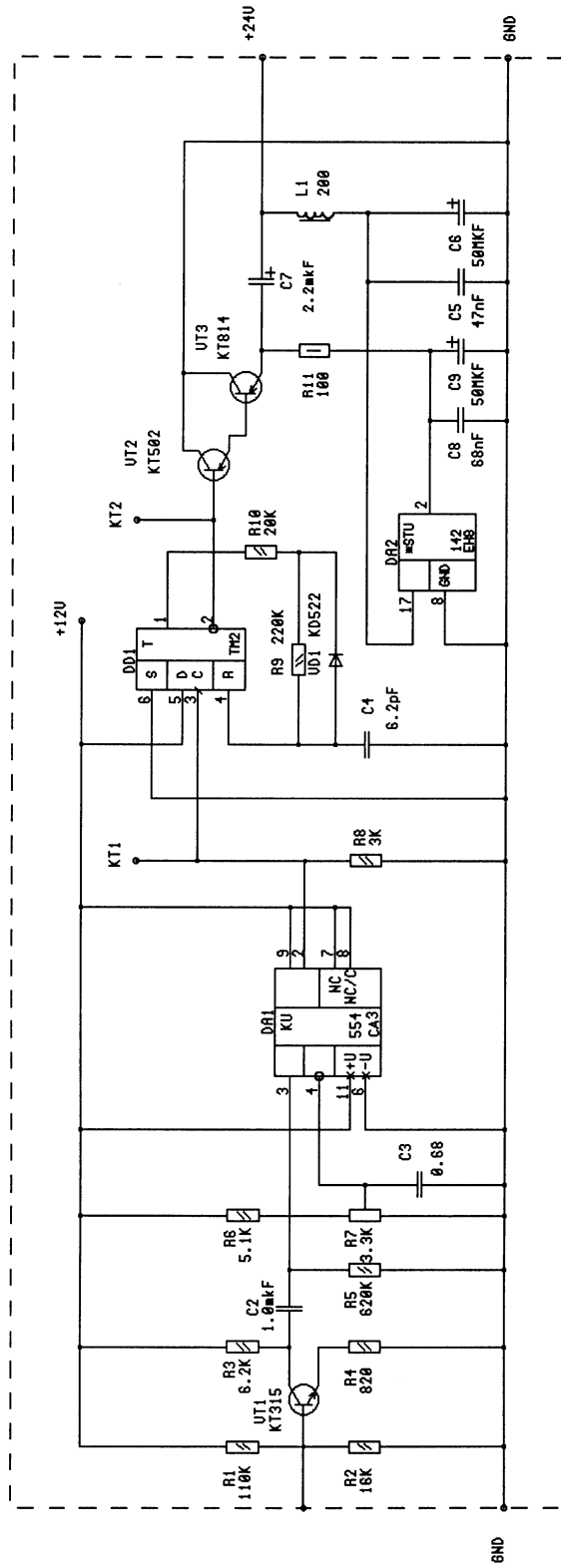
№ точки	PM	СНМ	ПНС	БДМ	Примечание
1	2	3	4	5	6
1		+			Район транспортного лабиринта
2	+	+			ЭД № 21 зд.1БВ
3		+			ЭД № 18 зд.1БВ
4		+			ЭД № 52 зд.1БВ
5	+				ГПУ № 1 зд.1БВ
6			+		ЭД № 526 (6 канал) зд.1БВ
7		+		+	ЭД № 35 (6 канал) зд.1БВ
8			+		ЭД № 109 (18 канал) зд.1БВ
9	+				ЭД № 28 зд.1БВ
10		+			ЭД № 42 (22 канал) зд.2
11	+				ЭД № 93 (22 канал) зд.2
12		+			ЭД № 66 (22 канал) зд.2
13	+		+		ЭД № 63А (22 канал) зд.2
14		+			Перех. зд.2 сев. сторона 66 ось
15			+		ЭД № 67 (22 канал) зд.2
16	+		+		Перех. зд.2 сев. сторона 62 ось
17	+				Перех. сев. сторона зд.2А ось 58
18	+				Зд.450 (5Н канал)
19		+			Зд.ПК-1
20		+			Перех. сев. сторона зд.2А ось 50
21	+				Перех. сев. сторона зд.2А ось 45
22		+			Перех. сев. сторона зд.2А ось 42
23			+		Зд.2Б
24	+				ЭД № 114 зд.2А
25		+			ЭД № 61 зд.2А
26		+			Перех. юж. сторона зд.2А ось 27
27		+			Перех. юж. сторона зд.2А ось 35
28	+				Перех. юж. сторона зд.2А ось 37
29			+		Пультовая кан. 23 зд.2А ось 36
30		+			Перех. юж. сторона зд.2А ось 45
31	+				Перех. юж. сторона зд.2А ось 51
32		+			Перех. юж. сторона зд.2А ось 56
33	+				Перех. юж. сторона зд.2А ось 62
34		+			Перех. юж. сторона зд.2 ось 63
35	+	+			Зд.2 ось 63, два детект. воздуха
36	+				ЭД № 64 зд.2 юж.сторона ось 65
37		+			Перех. зд.2 юж.сторона ось 68
38	+		+		ЭД № 45 зд.2 юж.сторона ось 70

Приложение 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
39	+				ЭД № 44 зд.2 юж.сторона ось 72
40	+				ЭД № 41 зд.2 юж.сторона ось 74
41		+	+		Перех. зд.1БВ юж.сторона I ось
42	+				Защита 8к зд.1БВ II ось
43			+		ЭД № 96 зд.1БВ
44	+	+			ЭД № 36 зд.1БВ
45			+		ЭД № 27/3 зд.1БВ
46	+				Защита 8к зд.1БВ IV ось
47	+				Перех. 4к зд.1БВ V ось
48			+	+	ЭД № 13 зд.1БВ
49		+			ЭД № 20 зд.1БВ
50	+				Защита У-70 зд.1БВ V ось
51	+				Защита У-70 зд.1БВ VI ось
52	+				Защита У-70 зд.1БВ VII ось
53	+				Защита 8к зд.1БВ VII ось
54	+				Защита 8к зд.1БВ VIII ось
55	+	+			Защита 8к зд.1БВ IX ось
56	+				Защита У-70 зд.1БВ X ось
57	+				Защита У-70 зд.1БВ XI ось
58	+				Защита У-70 зд.1БВ XIV ось
59		+			ЭД № 89 зд.1БВ
60	+	+	+		ЭД № 79(106) зд.1БВ
61		+	+	+	ЭД № 51А зд.1БВ
62		+			ЭД № 79 зд.1БВ
63			+		ЭД № 32 зд.1БВ
64	+		+		ЭД № 3 зд.1БВ (пульт 2к)
65	+		+		ЭД № 30 зд.1БВ
66	+		+	+	Переход 2 канала зд.1БВ X ось
67			+		ЭД № 82 зд.1БВ
68	+		+		ЭД № зд.1БВ XII ось
69			+		ЭД № 2Б зд.1БВ
70			+		ЭД № 1А зд.1БВ



Принципиальная электрическая схема высоковольтного преобразователя 12 В/2500 В.



Принципиальная электрическая схема усилителя-формирователя.

С.И.Купцов, В.Н.Пелешко, А.Л.Сумароков и др.
Детекторы и аппаратура системы радиационного контроля ускорителя У-70.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы L^AT_EX.
Редактор Н.В.Ежела. Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 30.06.2000. Формат 60 × 84/8. Офсетная печать.
Печ.л. 2,12. Уч.-изд.л. 1,7. Тираж 130. Заказ 185. Индекс 3649.
ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

