

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЛИНЕЙНОМ УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ ЛИНАК-800

*Н. И. Балалыкин, В. Ф. Минашкин, М. А. Ноздрин,
Г. Д. Ширков, В. Ю. Щеголев*

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Автоматизированная система контроля радиационной безопасности (АСКРБ) линейного ускорителя электронов ЛИНАК-800 предназначена для обеспечения безопасности персонала при эксплуатации ускорителя в штатных режимах и при возникновении аварийных ситуаций. В статье приведены результаты расчетов мощности излучения на ускорителе, используемые при разработке АСКРБ; описаны аппаратная и программная части системы радиационного контроля, а также система блокировки и сигнализации.

Radiation protection system of linear electron accelerator LINAC-800 is designed for staff securing during regular accelerator operation and in emergency cases. Emission power calculation results used in system development are given. Both hardware and software components of radiation control system are described. Also, interlock and signalization system description is presented.

PACS: 87.90.+y; 87.50.-a

ВВЕДЕНИЕ

Ускоритель ЛИНАК-800 базируется на части ускорительного комплекса [1], который передан в ОИЯИ Нидерландским институтом ядерной физики и физики высоких энергий (NIKHEF, Амстердам). При этом следует отметить, что аппаратура радиационного контроля в составе оборудования не была передана в связи с тем, что это оборудование не сертифицировано для применения в России.

Основным источником радиационной опасности при работе ускорителя являются фоновые и аварийные потери электронного пучка, которые генерируют тормозное излучение широкого энергетического спектра (вплоть до энергии тормозящегося электрона). В дополнение к тормозному излучению при энергии фотонов выше порога реакции ($\sim 12\text{--}14$ МэВ) возникают вторичные нейтроны (фотонейтроны). За биологическими защитами зала ускорителя радиационная обстановка будет определяться сильнопроникающим излучением — фотонами высоких энергий и нейтронами из фотоядерных реакций.

После остановки ускорителя, во время ремонтных и профилактических работ на ускорителе радиационная обстановка для персонала будет определяться наведенной гамма- и бета-активностью оборудования, подвергшегося облучению фотонами высоких энергий и нейтронами. Возможно также образование снимаемой радиоактивности на оборудовании

и радиоактивных аэрозолей в воздухе. Эти факторы радиационной опасности (их уровни) будут изучены в процессе достижения ускорителем своих проектных параметров.

Другим (не радиационным) фактором опасности может стать образование озона в воздухе зала ускорителя при его работе. Эта опасность устраняется (при необходимости) введением «времени запрета» на вход в зал, достаточного для проветривания помещения до допустимых концентраций озона в воздухе зала.

В таблице приведены параметры электронного пучка, использовавшиеся для разработки мер по радиационной безопасности.

Максимальная энергия ускоряемых электронов, МэВ	800
Длительность импульсов ускорителя, мкс	1–10
Частота повторения импульсов ускорителя, Гц	3–10
Ток ускорителя в импульсе, мА	40
Средние токи потерь в рабочем режиме, мкА	0,4
Аварийные потери заряда за время 1–10 мкс, нК	Менее 50
Длина ускорителя, м	200

1. СИСТЕМА РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ЛИНАК-800

К системе радиационного контроля ускорителя ЛИНАК-800 предъявляются следующие требования [2]:

- автоматическое измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, мощности эквивалентной дозы нейтронов в зале ускорителя, экспериментальных залах и прилегающих технологических помещениях;
- сбор информации с детекторов и оперативное отображение информации на экране монитора оператора системы;
- обработка и создание архива данных о радиационном фоне на ускорительном комплексе;
- тестирование детекторов и каналов регистрации;
- приведение в действие сигнализирующих и блокирующих устройств;
- оперативное управление параметрами элементов системы и защита от несанкционированных действий оператора;
- локализация потерь пучка электронов как во времени, так и в пространстве.

С учетом приведенных требований была реализована система радиационного контроля, включающая в себя:

- блоки детектирования сцинтилляционные БДС-1М-63 × 63 [3] (7 шт., диапазон регистрируемых энергий фотонного излучения 0,16–5 МэВ);
- устройства детектирования нейтронного излучения УДБН-01-01 [4] (2 шт., диапазон измерения мощности амбиентного эквивалента дозы 0,1–10⁴ мкЗв/ч, диапазон регистрируемых энергий 0,025 эВ – 14 МэВ);
- блок питания и коммутации БПК-02 [5];

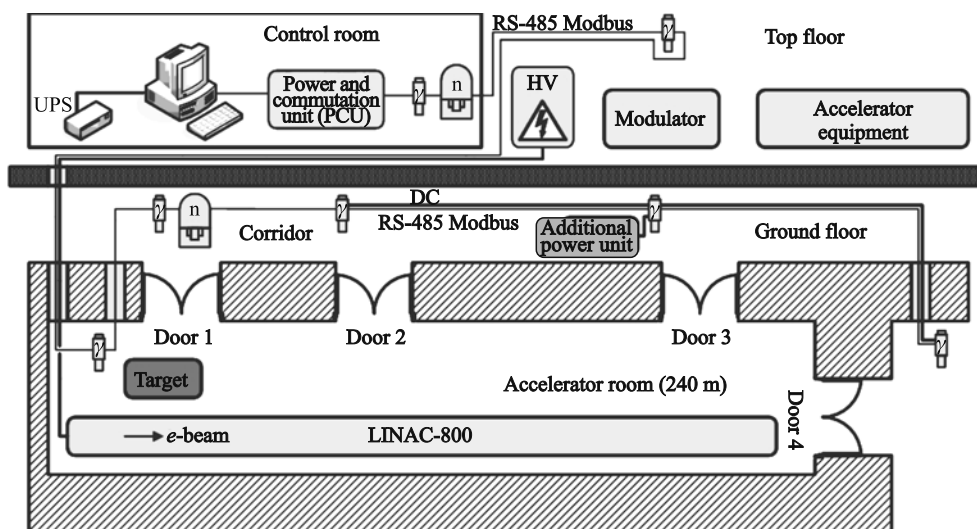


Рис. 1. Схема системы радиационного контроля ЛИНАК-800

- компьютер с источником бесперебойного питания;
- программное обеспечение RadCtrl;
- последовательная линия связи RS-485;

— портативный дозиметр рентгеновского и гамма-излучений ДКС-АТ1123 [6] (диапазон энергий 0,015–10 МэВ; диапазон измерения мощности амбиентной эквивалентной дозы 50 нЗв/ч–10 Зв/ч непрерывного излучения и 0,1 мкЗв/ч–10 Зв/ч импульсного излучения с длительностью импульса от 10 нс).

Все детекторы соединены с помощью последовательной линии связи RS-485 с использованием коммуникационного протокола Modbus RTU. Схема расположения радиационных детекторов в помещениях ЛИНАК-800 из программы RadCtrl представлена на рис. 1. Количество точек измерения и тип детекторов, расположенных в них, определяется спецификой ускорительного комплекса и исследовательскими задачами, решаемыми на этом оборудовании. При этом необходимо отметить, что строиться и запускаться в эксплуатацию ЛИНАК-800 будет поэтапно. Соответственно, также будет создаваться и система радиационного контроля. Кроме этого, инжектор ЛИНАК-800 территориально находится в непосредственной близости от установки ИБР-2 [2]. Таким образом, необходимо контролировать уровень нейтронного и гамма-излучения уже на стадии монтажа элементов ускорителя.

Здесь следует пояснить, что из-за импульсности излучения (скважность $1 \cdot 10^4$ – $3 \cdot 10^5$ при длительности импульса 1–10 мкс) потребуются вводить поправки в показания гамма-датчиков, воспользовавшись измерениями прибором ДКС-АТ1123, который может адекватно измерять мощность дозы импульсного излучения с минимальной длительностью импульса 10 нс.

2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ RadCtrl

Программное обеспечение выполняет следующие функции:

- отображение на экране текущих показаний всех блоков детектирования СРК ЛИНАК-800 в числовом и графическом виде (рис. 2);
- сигнализацию о превышении пороговых значений;
- сигнализацию о потере связи с детектором;
- отображение на экране схемы объекта по команде оператора;
- отображение архива измерений для соответствующего детектора по команде оператора. Архив может быть сохранен в формате MS Excel;
- смену пороговых значений, смену графического представления данных (линейный/логарифмический масштаб).

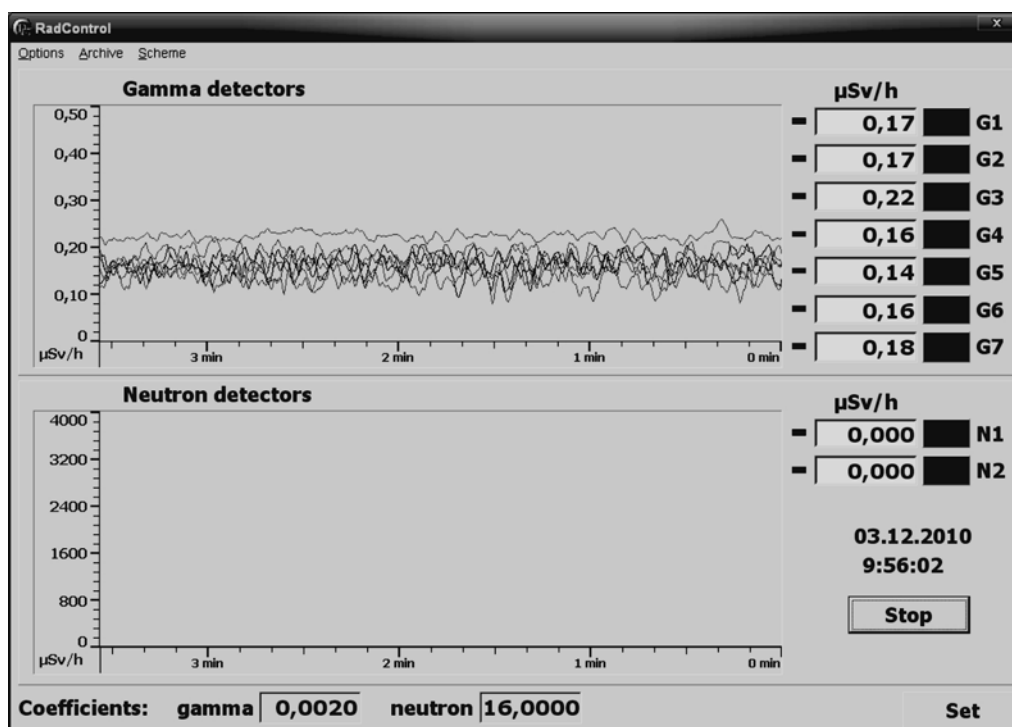


Рис. 2. Главное окно программы RadCtrl

3. СИСТЕМА БЛОКИРОВКИ И СИГНАЛИЗАЦИИ

Система блокировки и сигнализации (рис. 3) предназначена для непрерывной работы при эксплуатации комплекса ускорителя и должна обеспечивать:

- недопущение персонала в зоны с повышенным уровнем ионизирующего излучения;
- предупреждение персонала звуковыми и световыми сигнализаторами о возможной радиационной опасности.

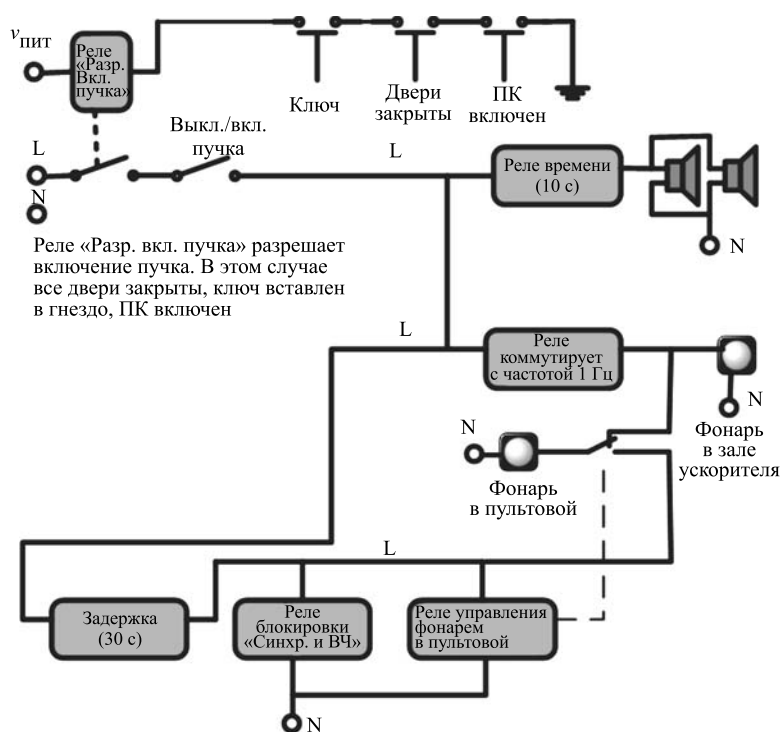


Рис. 3. Структурная схема системы блокировки и сигнализации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы была создана АСКРБ как часть системы управления и контроля инжектора линейного ускорителя электронов ЛИНАК-800. Данная система является частью первой очереди системы управления ускорителя ЛИНАК-800.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kroes F. B. Electron Linac MEA. Compendium of Scientific Linacs // LINAC96 Conf. Geneva, 22–29 Aug. 1996.
2. ДЭЛСИ Фаза 1: Линак-800 и лазеры на свободных электронах: Технический проект ОИЯИ. 2005.
3. Блок детектирования сцинтилляционный БДС-1М-63 × 63. Паспорт. Изготовитель: Научно-производств. центр «Аспект», 2007.
4. Устройство детектирования нейтронного излучения УДБН-01-01. Паспорт. Изготовитель: Научно-производств. центр «Аспект», 2007.
5. Блок питания и коммутации БПК-02. Паспорт. Изготовитель: Научно-производств. центр «Аспект», 2007.
6. Портативный дозиметр рентгеновского и гамма-излучений ДКС-АТ1123. Руководство по эксплуатации. Изготовитель: Научно-производств. унитарное предприятие «АТОМТЕХ», 2007.