

ными пучками протонов в двух направлениях доля полезного облучения мишени $K1$ сравнима, но меньше, чем при облучении со многих направлений. Одновременно видно, что относительная доза облучения здоровых тканей $K2$ при использовании горизонтальных пучков протонов по сравнению с другими методами максимальна (0,55 дозы в мишени) и сравнима с соответствующей дозой при облучении γ -квантами. Вращаемое ГАНТРИ обеспечивает наилучшие результаты облучения, т.е. наибольшая доля облучения попадает именно в мишень (в среднем $K1 = 0,51$), доза облучения здоровых тканей всегда минимальна ($K2 = 0,14$), $K3$ максимально и равно 3,6. Простая плоская система уступает по качеству облучения традиционным ГАНТРИ, но незначительно, и по доле облучения мишени (например, $K1 = 0,49$ по сравнению с 0,51), и по дозе облучения здоровых тканей ($K2 = 0,19$ по сравнению с 0,14), и по отношению $K3$ ($K3 = 2,6$ по сравнению с 3,6).

Использованные в работе предположения грубы (плоская задача, изотропное тело с равной чувствительностью к облучению, произвол в выборе размеров тела и мишеней, положений мишени и числа направлений облучения). Расчеты полезно в будущем повторить с использованием медицинских программ планирования облучения на ГАНТРИ. Тем не менее результаты кажутся полезными и наглядными. Надо отметить, что простые плоские системы удобно применять и для транспортировки пучков ионов [1, 2].

Таким образом, на основании расчетов видно, что облучение с помощью компактных и дешевых простых плоских систем приводит почти к таким же результатам, что и с применением громоздких и дорогих традиционных вращаемых ГАНТРИ. Внедрение простых плоских систем в практику протонной (и ионной) терапии позволит существенно снизить цену лечения и повысить производительность каждого ускорительного медицинского центра, так как при каждом ускорителе без существенного удорожания проекта можно построить много простых плоских систем для эффективного использования пучка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кац М.М. Простая плоская система для облучения лежащих больных с разных направлений пучками тяжелых заряженных частиц. — ПТЭ, 2002, № 2, с. 140—144.
2. Кац М.М. Новые схемы систем для облучения лежащих пациентов с разных направлений пучками тяжелых заряженных частиц. — Мед. физика, 2002, № 1(13), с. 54—63.

УДК 621.3.038.624

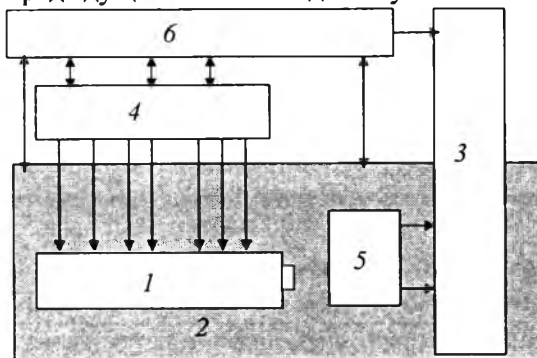
РАДИАЦИОННАЯ УСТАНОВКА С УСКОРИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОНОВ ИИИ НАН УКРАИНЫ

*Вишневский И.Н., Зелинский А.Г., Сахно В.И., Томчай С.П., Сахно А.В.
(Институт ядерных исследований Национальной академии наук Украины)*

В ИИИ НАН Украины создана и пущена в эксплуатацию экспериментальная научно-технологическая радиационная установка. Основной целью ее создания является разработка промышленных процессов и технологии с использованием методов прикладной ядерной физики. Определяющими при разработке установки были

потребности современного производства в наукоемкой технологии, неразрушающем контроле оборудования, а также появление научных проблем в области ядерной и радиационной физики.

Для решения поставленных задач необходимо было создать экспериментальную радиационную установку [1], соединяющую простоту промышленных технологических ускорителей и свойственные научно-исследовательским установкам широкие метрологические возможности в части исследуемых или обрабатываемых процессов. С учетом этого в ИЯИ НАН Украины создана электрофизическая радиационная установка, использующая типовой промышленный ускоритель, многопараметрическую информационно-измерительную систему и комплекс технологического оборудования. Работа выполнена специалистами института на основании предыдущего опыта создания уникальных систем ядерно-физических измерений.



Р и с. 1. Структура радиационной установки

Установка (рис. 1) состоит из источника излучения 1, радиационно-биологической защиты 2, линии транспортировки материалов в зону облучения 3, комплекса систем технического обеспечения 4, системы радиационных измерений 5, автоматизированной системы управления 6. Источником ионизирующего излучения является промышленный ускоритель «Электроника У-005».

Биологическая защита и система радиационной безопасности. Безопасность эксплуатации установки обеспечивается комплексом мер по пассивной и активной защите персонала и окружения. Пассивные меры реализованы в конструкции технологического помещения ускорителя (бокса). Толщина стен из бетона с включением свинцовой дроби рассчитана на подавление возможного тормозного излучения до менее 1 мкЗв/ч.

Предварительно было исследовано распределение радиационного поля при полном торможении пучка вольфрамовой мишенью на действующем ускорителе «Электроника У-005». Полученные результаты стали основой для конструирования бокса новой установки. В состав этих работ входили расчет стен, оптимальное расположение ускорителя, измерительной системы, вспомогательного оборудования и узлов транспортной линии для максимального использования экранирующего действия внутреннего оборудования бокса. Активная защита реализована традиционными средствами — блокировкой открывания дверей бокса по наличию излучения на входе в лабиринт и автоматическим отключением СВЧ-генератора и инжектора. Система защиты обеспечена троекратным дублированием, в том числе и посредством «зонного замка» на пульте управления, учитывает сигналы о включении устройств спецвентиляции.

Транспортная линия. Важная технологическая особенность новой установки — реакционная камера большого размера 30 м³. Образцы для облучения подаются в реакционную камеру с помощью специальной транспортной линии — операционного конвейера (рис. 2). При разработке транспортной линии были решены технические проблемы, главная из которых состоит в обеспечении стабильной и

регулируемой скорости перемещения образцов через зону облучения. Созданная для установки транспортная линия обеспечивает подъем образцов с места загрузки-выгрузки с первого этажа на уровень второго этажа. Там через лабиринт образцы перемещаются в бокс ускорителя и далее в реакционную камеру для облучения. Здесь транспортер разворачивает образцы перед пучком и возвращает облученные образцы назад на первый этаж до места их выгрузки.

При непрерывной загрузке операционного конвейера через зону облучения можно транспортировать до 2,5 т материала в 1 ч. Это предусмотрено для облучения больших промышленных партий материалов при отработке радиационной технологии перед передачей в производство. Управление транспортной линией может быть ручным или автоматическим. Для этого конвейер обеспечен средствами контроля скорости перемещения, датчиками наличия образцов в зоне облучения, средствами управления электроприводом. Для наблюдения за работой транспортной линии предусмотрены телевизионные камеры.

Системы технического обеспечения. Для установки были созданы системы энергоснабжения, спецвентиляции, водяного охлаждения и пневматическая система, объединенные вместе с другими узлами общей системой контроля, сигнализации и защиты. Все указанные системы относятся к числу автоматических и не требуют специальных мер по контролю качества их функционирования.

Система радиационных измерений. Система диагностики пучка и радиационных полей состоит из внутренних датчиков пучка электронов в ускорителе и датчиков внешнего контроля. Внутренний датчик — штатный двухсекционный индукционный датчик тока пучка для импульсных токов 5—10 нс и 4 мкс. Контроль за формой и амплитудой тока пучка проводится через стробоскопический преобразователь и осциллограф.

Для внешних измерений предусмотрен цилиндр Фарадея, различные датчики вторичных радиационных и сопутствующих физических эффектов. Предусматривается программа измерения с помощью нового поколения металлофольговых датчиков, разрабатываются полупроводниковые датчики интенсивных радиационных полей. Аппаратная часть измерительной системы [2] реализуется на основе используемых в ИЯИ стандартов КАМАК.



Рис. 2. Операционный конвейер

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишневский Н.Н., Сахно В.П., Томчай С.П. и др. Радиационно-технологическая установка с линейным ускорителем электронов ИЦ «ИЯИ» НАН Украины. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерно-физические исследования. 1997. т. 1, вып. 2. 3 (29, 30), с. 67—69.
2. Сахно В.П. Диагностика пучка в радиационно-технологической установке с линейным прискорювачем електронів. — Там же. 1999. № 4 (35), с. 66—67.