

Система вывода пучка для линейных ускорителей электронов, используемых в промышленности

А.А. Волжев, М.И. Демский, А.П. Клинов, К.Н. Маслов, Д.Е. Трифонов
Научно-производственный комплекс линейных ускорителей и циклотронов
НИИ электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова (НПК ЛУЦ НИИЭФА),
Санкт-Петербург, Россия

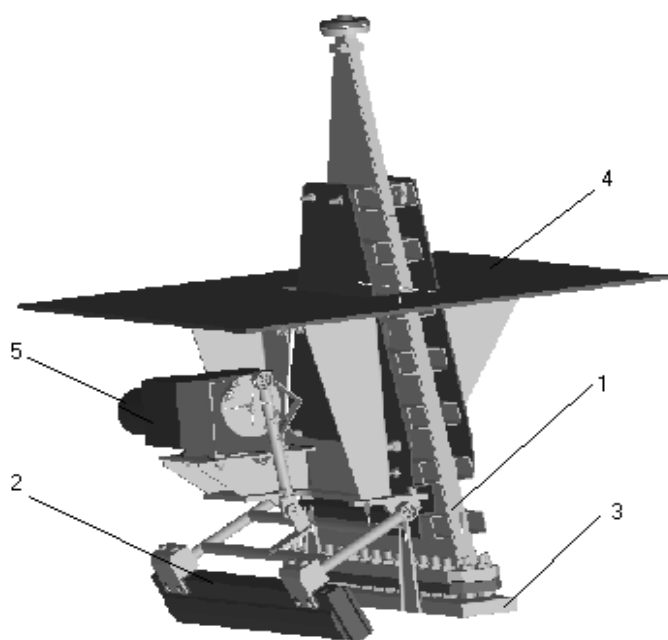


Рис. 1.

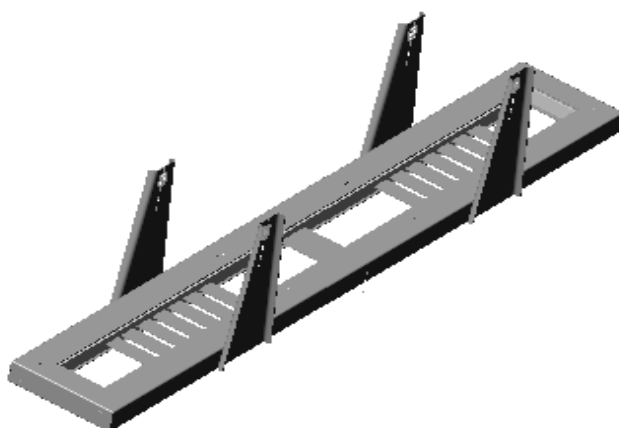


Рис. 2.

При стерилизации медицинских изделий и для ряда других радиационно-технологических процессов должен быть обеспечен постоянный контроль мощности пучка, энергии электронов и размера поля облучения. Разработанная система вывода пучков электронов с энергией 6–10 МэВ при мощности до 10 кВт (рис.1), удовлетворяющая этим требованиям состоит из следующих элементов:

- камера сканирующего магнита (1);
- сканирующий магнит с блоком питания;
- подвижный охлаждаемый водой токоприёмник (2);
- ионизационная камера (3);
- магнитоиндукционный датчик тока пучка.

Управление системой вывода пучка и регистрация сигналов осуществляется

компьютерной системой управления, выполненной на базе микроконтроллера фирмы Octagon Systems серии 6020.

За выводной фольгой камеры сканирующего магнита формируется поле облучения электронным пучком длиной до 600 мм и шириной 5–10 мм в плоскости фольги. Система развертки обеспечивает следующие параметры:

- частота сканирования 1–10 сек⁻¹,
- длина поля сканирования пучка 300–600 мм;
- точность установки длины поля сканирования, в пределах которой неоднородность дозы облучения не превышает $\pm 5\%$ не хуже $\pm 2.5\%$;
- несоосность линии развертки и оси симметрии выводного окна – не более 1° ;
- несовпадение центра поля облучения и оси камеры сканирующего магнита – не более ± 5 мм;
- неоднородность дозы облучения в пределах длины развертки – не более $\pm 5\%$.

Магнитоиндукционным датчиком тока пучка, установленным на входе в камеру сканирующего магнита производится измерение амплитуды тока пучка и среднего тока пучка.

Ионизационная камера (рис. 2) имеет два собирающих электрода, находящихся под потенциалом +100 В, и ряда измерительных электродов шириной 20 мм, установленных по всей длине сканирования пучка между собирающими электродами перпендикулярно линии развертки. Электроды выполнены из алюминиевой фольги толщиной 10 микрон.

Компьютер задает форму тока в сканирующем магните. В момент прохождения тока в сканирующем магните через максимум производится регистрация его амплитуды и одновременно сигналов с отдельных полосок фольги ионизационной камеры. Эта информация позволяет измерить длину поля развертки пучка. По известному току в магните и распределению сигналов по измерительным электродам с точностью около 6% можно определить энергию электронов. Произведение энергии электронов на средний ток пучка, измеряемый магнитоиндукционным датчиком, дает мощность пучка. Таким образом, данная система обеспечивает непрерывный контроль основных параметров пучка без прерывания процесса облучения.

Для сравнения токов на входе и выходе камеры сканирующего магнита и измерения эффективной энергии электронов используется подвижный токоприемник с дистанционно управляемым электроприводом (поз. 5 на рис.1). Токоприемник состоит из массивной основной алюминиевой водоохлаждаемой пластины и тонкой алюминиевой пластины, установленной на изоляторах перед основной пластиной. Измерение соотношения токов на этих двух пластинах позволяет определить эффективную энергию электронов.

Калибровка измерений энергии по ионизационной камере и секционированному токоприемнику осуществлялась по методу ASTM E. 1649 94 путем перемещения под пучком полиэтиленового клина с ленточным дозиметром.

При вертикальном расположении ускорителя устройство вывода пучка монтируется на металлической плите (поз. 4 на рис.1), укрепленной на выходе отверстия в полу ускорительного зала, через которое проходит канал вывода пучка.