

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

350

16-88-524 e

М.Зельчинский, А.Г.Молоканов, Е.П.Череватенко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА СТЕНОК
ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЫ
НА ЕЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ
В ПУЧКАХ ЧАСТИЦ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1988

Абсолютное значение поглощений дозы D в фантоме, облучаемом пучком частиц высоких энергий, может быть определено посредством измерения электрического заряда с помощью малогабаритной ионизационной камеры /ИК/ и последующего расчета согласно формуле /1/, вытекающей из модифицированной теории полости/1/:

$$D = \frac{W}{e_0 V} S_{A/g} \beta q, \quad /1/$$

где q - заряд, образованный в газовой полости ИК; W - энергия ионообразования в газе; $S_{A/g}$ - отношение массовых тормозных способностей материала среды A /материала, заполняющего фантом/ и газа g , учитывающих столкновения с выделением энергии в ограниченном объеме; ρ - плотность газа; V - чувствительный объем газовой полости; β - поправочный коэффициент, учитывающий возмущение заряда стенками ионизационной камеры, в дальнейшем называемый стеночным коэффициентом детектора /СКД/.

Целью настоящей работы является экспериментальное определение данных, позволяющих производить оценку значения СКД ионизационных камер, применяемых в дозиметрии медицинских пучков частиц с энергией в сотни МэВ. Необходимость проведения эксперимента была продиктована недостаточной надежностью возможных в настоящее время расчетов, ввиду отсутствия некоторых дифференциальных параметров взаимодействия частиц высоких энергий с различными материалами, в частности параметров, касающихся кермы.

По определению/1/ обратное значение СКД является отношением заряда, образованного в газе ИК, к заряду, который образовался бы в аналогичных условиях при замене стенок камеры материалом фантома /среды/. Сущность экспериментального определения СКД в интересующих медицинских пучках заключается в измерении относительной чувствительности ИК со стенками из различных материалов. С целью большей универсальности экспериментальных данных исследование влияния материалов проведено в условиях плоскопараллельной ИК отдельно для передней и задней стенки камеры.

В эксперименте использовалась ИК с междуэлектродным расстоянием 5 мм и диаметром чувствительного объема 7 см /рис.1/. Чувствительный объем отделялся от внешней среды тонкостенным /20 мкм/ электродом из полиимидной металлизированной пленки.

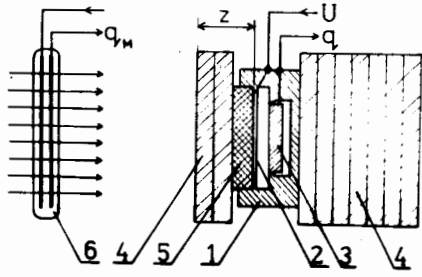


Рис.1. Геометрия эксперимента. 1 - корпус ИК /тканезвивалентная пластмасса/, 2 - тонкостенный полярирующий электрод, 3 - собирающий электрод, 4 - фантомные пластины /плексиглас/, 5 - сменный радиатор, 6 - монитор.

Рабочим газом камеры являлся атмосферный воздух. На расстоянии 1 мм от чувствительного объема помещались радиаторы из различных материалов. Толщина радиаторов составляла 1,2 г/см², а в случае отклонения от такой толщины вводилась соответствующая поправка. Для двух существенно отличающихся материалов /плексиглас и свинец/ применялся набор толщин радиатора. Диаметр радиаторов составлял 82 мм. Радиаторы, материал которых не являлся жестким /различные ткани, вода/, представляли собой тонкостенные дискообразные сосуды диаметром 82 мм, заполненные исследуемыми материалами и закрытые натянутой полиэфирной пленкой толщиной 1,6 мг/см².

Заряд, собираемый на электродах ИК, накапливался на емкости и измерялся с помощью двухканального параметрического электрометра. Второй канал этого электрометра был использован для одновременного измерения заряда мониторной камеры. Статистическая точность измерений была порядка сотых долей процента. Замена радиаторов осуществлялась поочередно. Для оценки воспроизводимости результатов через определенные промежутки времени ставился стандартный радиатор из плексигласа. Обнаруженный дрейф отношения сигнала ИК со стандартным радиатором к сигналу монитора /приблизительно 0,3% в час/, обусловленный, по-видимому, изменением температурного режима, учитывался при определении относительной чувствительности. Большое внимание уделялось точной установке радиатора: при увеличении зазора между радиатором и торцевой поверхностью рабочего объема ИК сигнал камеры существенно уменьшался согласно угловой характеристике разлета заряженных частиц, образующихся в радиаторе. В нейтронном пучке^{1/2/} в условиях неполного равновесия заряженных частиц уменьшение сигнала составляло 1,1% при увеличении зазора на 1 мм. Полагалось, что изменение сигнала связано с перемещением центра массы радиатора, и, для радиаторов, отличающихся по средней плотности от стандартного, вводились соответствующие поправки.

Исследования проводились на пучке нейтронов со средней энергией 350 МэВ^{1/2/} при диаметрах пучка 10 и 5 см и на пучках про-

Таблица. Относительная чувствительность ионизационной камеры со стенкой-радиатором толщиной 1,2 г/см² из различных материалов:

Мат. радиатора	Пучок излучения		Нейтроны 350 МэВ		Протоны 200 МэВ		660 МэВ		Погрешность %
	Глубина	z = 1,2 г/см ²	Перед полостью	За полостью	Перед полостью	Модиф. пик Брэгга	Перед	Перед	
1 Плексиглас	I	I	I	I	I	I	I	I	I
2 Полиэтилен	I,023	I,006	I,016				I,01		I
3 Полиамид	I,01								I
4 Фторошлат	0,99	0,995							I
5 ВЭП	0,998								2
6 ТЭП	I,007		I,0						I
7 Графит	0,98	I,008	0,99			0,997			I
8 Стекло	0,977					0,99			I
9 Алюминий	0,956					0,99			I
10 Свинец	0,92					0,98			I
11 Золото	0,91					0,98			2
12 Вода	I,006		I,0			I,0		I,0	3
13 Мясо	I,005	I,0	I,003			I,0			I
14 Печень	I,008		I,01			I,0			I
15 Костный мозг	I,01		I,0						I,5
16 Сухожилия	I,01		I,01						I,5
17 Кожа	I,004		I,0						I
18 Жир	I,008	I,005	I,005			I,002			I,5
19 Сахарная кость	I,0	I,0	I,0			0,997			I
20 Плотная кость	0,99	I,0	I,0			0,99			I,5

тонов: с энергией 200 МэВ^{/3/} /диаметр 5 см/ и с энергией 660 МэВ^{/4/} /диаметр 0,6 см/.

В таблице представлены полученные экспериментально относительные значения заряда, образующегося в газе ИК, при использовании различных радиаторов. В качестве стандартного, с которым сравниваются другие материалы, принят радиатор из плексигласа, как наиболее близкий по формированию заряда к воде, но более стабильный, чем водный радиатор, и более правильный по геометрической форме. Как видно из таблицы, все значения представленных коэффициентов близки к единице, т.е. влияние материала, окружающего газовую полость, на заряд, образующийся в полости, в исследованных медицинских пучках частиц энергий незначительно. Отличия, превышающие погрешность измерений, имеют место лишь на малых фантомных глубинах в пучке нейтронов и только для радиаторов, находящихся перед полостью /по направлению пучка/, причем даже в этих условиях многие органические материалы практически неразличимы по формированию заряда в полости. Поэтому полный набор радиаторов был исследован только в пучке нейтронов при облучении полости, находящейся перед фантомом, с радиатором перед полостью. Оценочные данные для других условий могут быть получены путем сопоставления и экстраполяции.

Толщина стенок реальных фантомных ИК, применяемых в дозиметрии медицинских пучков, обычно значительно меньше толщины радиаторов, использованных в данной серии экспериментов, вследствие чего стеночный коэффициент реальных детекторов еще ближе к единице, чем значения коэффициентов, представленных в таблице. Для широко применяемой ионизационной камеры типа VAK-253, стенки которой изготовлены из воздухоэквивалентной пластмассы /ВЭП/ толщиной 1 мм, СКД можно принять равным единице /с точностью 0,5%/ для всех глубин в фантоме, всех реальных модификаций спектра и всех диаметров пучков протонов и нейтронов высоких энергий фазотрона ЛЯП ОИЯИ; для фантомной рекомбинационной камеры типа KR-13^{/5/}, со стенками из тканезквивалентной пластмассы /ТЭП/ толщиной 0,6 г/см², СКД в нейтронном пучке составляет 0,995 и лишь для ИК с алюминиевыми стенками толщиной 2 мм СКД превышает единицу более чем на 2% в нейтронном пучке 350 МэВ на глубине до 3 см. При оценке стеночного коэффициента конкретных детекторов принимались во внимание материал и толщина стенок /передней и задней/, а также кривая формирования дозы по глубине до 1,2 г·см⁻² /рис.2/.

Экспериментальные данные относительной ионизации за различными радиаторами могут быть полезными не только для определения СКД, но также для определения дозы в различных биологических тканях и на границах тканей. Для этого, кроме эксперимен-

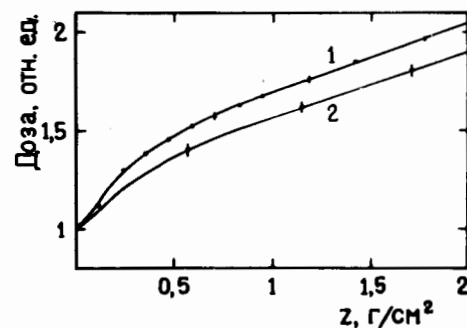


Рис.2. Зависимость мощности дозы в газовой полости от толщины плексигласа /1/ и свинца /2/ перед полостью в пучке нейтронов со средней энергией 350 МэВ.

тальных коэффициентов, представленных в таблице, нужны еще данные для определения массовых тормозных способностей рассматриваемых тканей.

Основная ценность настоящих исследований заключается не столько в определении численных значений коэффициентов, требуемых при определении поглощенной дозы ионизационным методом, сколько в экспериментальном показе малой значимости влияния состава материала на формирование дозы в медицинских пучках высоких энергий. Как видно из таблицы, проблема тканезквивалентности детекторов для частиц высоких энергий практически не существует: стенки фантомных ионизационных камер могут быть изготовлены из любого органического материала и даже из металла. При этом численное значение коррекции, необходимой при определении дозы в ткани, обычно не превышает 1%.

Представленная методика определения относительной чувствительности ионизационных камер со стенками из различных материалов может быть успешно использована также в пучках нейтронов с энергией несколько десятков МэВ, где влияние материала значительно более существенно, чем в рассмотренных медицинских пучках высоких энергий фазотрона ЛЯП ОИЯИ, а набор данных для проведения расчетов также пока недостаточен. При появлении таких данных представит несомненный интерес сравнение расчетных и экспериментальных значений относительной чувствительности детекторов со стенками из различных материалов в широком диапазоне энергии разных пучков излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зельчинский М. ОИЯИ, Р16-88-531, Дубна, 1988.
2. Абазов В.М. и др. ОИЯИ, 18-88-392, Дубна, 1988.
3. Абазов В.М. и др. - Мед.Радиология, 1988, № 1, с.67.
4. Зорин В.П. и др. ОИЯИ, 9-87-840, Дубна, 1987.
5. Зельчинский М. и др. ОИЯИ, 16-80-563, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 июля 1988 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
D1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
D9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
D7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
D2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
D4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
D2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
D14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
D17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Зельчинский М., Молоканов А.Г., Череватенко Е.П. 16-88-524
Экспериментальное определение влияния материала стенок ионизационной камеры на ее чувствительность в пучках частиц высоких энергий

Исследовано влияние атомного состава материала, окружающего газовую полость, на ионизацию газа в полости в медицинских пучках протонов с энергией 200 МэВ и 660 МэВ и нейтронов со средней энергией 350 МэВ. Полученные данные позволяют рассчитать поправочные коэффициенты, необходимые при определении поглощенной дозы в фантоме с помощью конкретных детекторов. Показана возможность пренебрежения этими поправками в случае использования ионизационных камер, стенки которых изготовлены из органических материалов.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.
Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Zielczyński M., Molokanov A.G., Cherevatenko E.P. 16-88-524
Experimental Determination of the Influence of an Ionization Chamber Wall Material on the Chamber Sensitivity in High Energy Particle Beams

Influence of an atomic composition of material surrounding the gas cavity on gas ionization has been investigated in medical beams of protons with the energy of 200 MeV and 660 MeV and neutrons with mean energy of 350 MeV. Data obtained permit to calculate the correction factors required for determination of dose absorbed in a phantom by means of real detectors. It is shown that corrections may be neglected for ionization chambers with organic material walls.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика