

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И КОРРЕКЦИЯ ПОКАЗАНИЙ АЛЬБЕДНЫХ ДОЗИМЕТРОВ РАЗНЫХ ТИПОВ В ПОЛЯХ НЕЙТРОНОВ НА У-400М

Ю. В. Мокров, С. В. Морозова, В. Ю. Щеголев

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Представлены результаты экспериментального определения чувствительности альбедных дозиметров трех типов в полях излучения на ускорителе У-400М: в одной точке в зале ускорителя и в трех точках за его защитой. Показано, что отношения чувствительности ранее использовавшихся в ОИЯИ альбедного дозиметра (АД) и комбинированного индивидуального дозиметра (КИД) к чувствительности дозиметра ДВГН-01 являются постоянными в пределах 25 %. Это позволяет использовать для коррекции показаний ДВГН-01, применяемого в ОИЯИ в индивидуальном дозиметрическом контроле, полученные ранее результаты определения чувствительности АД и КИД на установках ОИЯИ. Определены значения поправочных коэффициентов к показаниям ДВГН-01 за защитой У-400М. Это позволило установить более достоверное значение поправочного коэффициента для ЛЯР.

In this work we studied sensitivity of different albedo dosimeters placed in different positions with respect to the U-400M cyclotron: in the experimental area and behind the shield. It was shown that the ratio of albedo dosimeters (AD) and combined personal dosimeters (KID) to that of DVGН-01 dosimeters is constant within 25%. This allows us to use results obtained earlier with AD and KID dosimeters for the readout correction of the DVGН-01 dosimeters being used in the personal radiation monitoring. Values of correction coefficients for DVGН-01 behind the U-400M shield are obtained.

PACS: 29.40.-n

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из основных методов определения индивидуальных доз облучения персонала по нейтронному излучению является альбедный метод, основанный на регистрации отраженных от тела нейтронов расположенными на поверхности тела альбедными дозиметрами. Использованию альбедных дозиметров в индивидуальном дозиметрическом контроле в последнее время посвящен ряд публикаций. В основном они касаются изучения возможности использования дозиметров такого типа в полях нейтронов широкого энергетического диапазона. Это обусловлено особенностью энергетической зависимости чувствительности (ЭЗЧ) дозиметров такого типа — существенным уменьшением чувствительности при энергиях нейтронов выше 10 кэВ. Такая ЭЗЧ альбедных дозиметров вызывает необходимость корректировки их показаний с помощью использования поправочных коэффициентов. Поправочные коэффициенты определяются для тех

полей нейтронов, в которых используются альбедные дозиметры. При этом диапазон изменения значений поправочных коэффициентов в зависимости от энергии нейтронов может достигать 20 и более раз.

Ряд публикаций [1, 2] посвящен расчетному определению поправочных коэффициентов в полях нейтронов с различными спектрами с использованием расчетных ЭЗЧ. В других работах [3, 4] поправочные коэффициенты определяются экспериментально и находятся как отношение действительных значений индивидуального эквивалента дозы к показаниям альбедных дозиметров в местах измерений. Некоторые работы, например [5], посвящены экспериментальному определению чувствительности альбедных дозиметров в полях нейтронов с различными спектрами — как на основе радионуклидных источников нейтронов, так и на ядерно-физических установках (ЯФУ). При этом поправочные коэффициенты определяются как отношение чувствительности альбедного дозиметра при его градуировке, как правило, по Pu–Be-источнику нейтронов, к чувствительности в местах работы персонала.

До настоящего времени в полях нейтронов с различными спектрами изучалась чувствительность нескольких конструктивно различных типов альбедных дозиметров. Это, например, альбедные дозиметры (АД) [5] и комбинированные индивидуальные дозиметры (КИД) [6], чувствительность которых в свое время определялась в различных полях нейтронов на основе радионуклидных источников (Pu–Be и ^{252}Cf) и на ЯФУ ОИЯИ. В настоящее время наиболее широкое применение в ИДК, в том числе и в ОИЯИ, нашел альбедный дозиметр ДВГН-01 комплекса АКЖДК-301 [7]. В работе [8] экспериментально определена чувствительность всех трех перечисленных выше типов АД в опорных полях ИФВЭ на основе радионуклидных источников и на верхней защите У-70 ИФВЭ. Показано постоянство отношений чувствительности АД и КИД к чувствительности ДВГН-01 в полях нейтронов широкого диапазона энергий со средней энергией спектра от 0,7 до 49 МэВ. Это позволило по результатам измерения чувствительности АД и КИД в полях ЯФУ ОИЯИ и на Pu–Be-источнике определить поправочные коэффициенты для ДВГН-01 в этих полях.

Настоящая работа выполнена с целью сравнительного экспериментального определения чувствительности АД трех указанных типов в полях ускорительного комплекса У-400М ЛЯР и поправочных коэффициентов для корректировки показаний ДВГН-01 в этих полях.

1. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения проводились в трех точках за защитой и в одной точке в зале ускорителя У-400М ЛЯР. Расположение точек измерений показано на рис. 1.

Дозиметры облучались на фантоме. В качестве фантома при облучении дозиметров применялись комбинированные полиэтиленовые замедлители [9], которые используются с борными счетчиками СНМ-14 в качестве дозиметров амбиентного эквивалента дозы автоматизированной системы радиационного контроля (АСРК) ускорителя. По показаниям этих дозиметров АСРК определялся амбиентный эквивалент дозы при облучении АД. Как показано в работе [9], данный прибор на ускорителе тяжелых ионов измеряет амбиентный эквивалент дозы с погрешностью, обусловленной его энергетической зависимостью, не превышающей 20 %. Дозиметры всех трех типов располагались на четырех

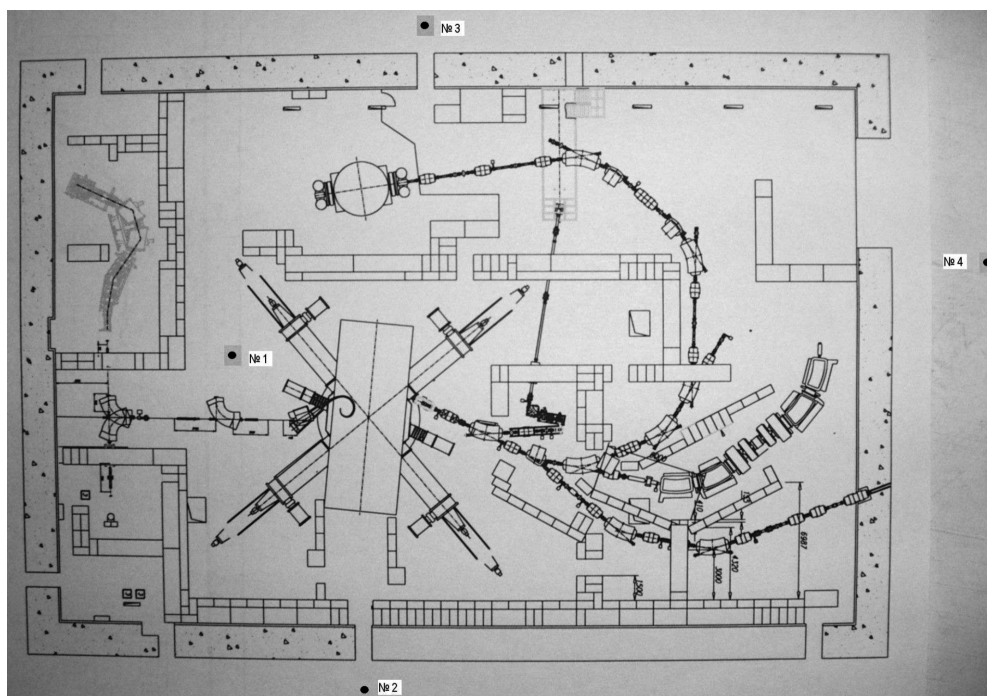


Рис. 1. Точки измерения на ускорителе У-400М



Рис. 2. Расположение дозиметров в точке 2 (датчик 3 АСРК) на комбинированном замедлителе

(в точках 1 и 4 — на трех) сторонах замедлителя для оценки неравномерности углового распределения излучения в поле облучения. На рис. 2 в качестве примера показано размещение альбедных дозиметров на комбинированном замедлителе в точке 2.

Точка 1 (датчик 1 АСРК) находилась в зале ускорителя напротив его камеры. Точка 2 (датчик 3 АСРК) располагалась в коридоре напротив откатной двери в зал ускорителя, которая при работе ускорителя закрывается. Точка 3 (датчик 4 АСРК) располагалась в коридоре за противоположной защитной стеной ускорителя напротив заложеного проема в зал ускорителя. Точка 4 (датчик 16) находилась за защитой ускорителя в направлении ворот.

У-400М работал в режиме ускорения ионов азота ^{15}N с зарядностью +5 до энергии 48 МэВ/нуклон. Пучок ионов азота ^{15}N выводился из ускорителя методом полной обдирки и после вывода становился с зарядностью +7. Выведенный пучок с током 1,2 мкА транспортировался до бериллиевой мишени толщиной 2 мм.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОШЕНИЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВочНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Результаты определения доз облучения в точках измерений, показания ДВГН-01 и значения отношений чувствительности АД и КИД к чувствительности ДВГН-01 представлены в таблице.

Результаты измерения чувствительности

Точка измерений	Амбиентный эквивалент дозы $H^*(10)$, мЗв	Доза облучения $H_{обл}$, мЗв	Отношение чувствительности, 10^{-4}		Показания ДВГН-01, мЗв	Поправочные коэффициенты для ДВГН-01
			АД/ДВГН	КИД/ДВГН		
1	—	—	0,26	0,31	—	—
2	0,55	0,39	0,20	0,23	1,30	0,30
3	0,10	0,07	—	—	0,37	0,19
4	0,31	0,20	0,21	0,26	0,80	0,25

Геометрия облучения на У-400М отличается от облучения на источниках: если на источниках реализуется переднезадняя геометрия, для которой AMBIENTНЫЙ и ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ эквиваленты доз одинаковы в пределах 15 % в зависимости от энергии нейтронов, то облучение на У-400М характеризуется неравномерным угловым распределением. Это приводит к различию показаний дозиметров, расположенных на разных сторонах фантома. В таком случае за показание индивидуального дозиметра принималось его максимальное значение. Это значит, что сторона с таким максимальным показанием дозиметра принимается за грудь человека (фантома). Так как показания дозиметра AMBIENTНОЙ ДОЗЫ $H^*(10)$ на основе счетчика СНМ-14 в комбинированном замедлителе проинтегрированы по всем углам, доза облучения индивидуального дозиметра с максимальным показанием находится с использованием коэффициента $K_{из}$, аналогичного коэффициенту изотропности. Этот коэффициент определяется по показаниям индивидуальных дозиметров на двух сторонах — с максимальным показанием A (грудь фантома) и показанием B на

противоположной стороне фантома (спина):

$$K_{\text{из}} = \frac{A + B}{A}. \quad (1)$$

При этом доза облучения дозиметра на груди фантома $H_{\text{обл}}(10)$ определяется по формуле

$$H_{\text{обл}} = \frac{H^*(10)}{K_{\text{из}}}. \quad (2)$$

В качестве дозы облучения используется индивидуальный эквивалент дозы $H_p(10)$, так как в широком диапазоне энергий нейтронов амбиентный эквивалент дозы незначительно отличается от $H_p(10)$ при нормальном падении излучения на грудь фантома. Так, для наиболее важной с точки зрения дозиметрии нейтронов области энергий выше 0,1 МэВ это различие не превышает нескольких процентов. Однако, как показано, например, в работе [2], значение поправочного коэффициента существенно зависит от геометрии облучения фантома. Поэтому большое значение для правильного выбора поправочного коэффициента имеет знание реальной геометрии облучения персонала.

При измерениях в зале ускорителя доза облучения по показаниям борного счетчика в комбинированном замедлителе не определялась из-за возможных значительных и неизвестных просчетов счетчика при существующем уровне излучения (55 мЗв/ч по показаниям ДВГН-01). Поэтому в точке 1 определялись только отношения показаний АД и КИД к показаниям ДВГН-01 для подтверждения их постоянства и в этих условиях облучения. Кроме того, при определении показаний АД и КИД, облученных в точке 3, происходил сбой прибора для измерения детекторов, и показания дозиметров не были определены.

Отношения чувствительности для большей достоверности определялись в каждой точке как среднее арифметическое по показаниям дозиметров, расположенных на разных сторонах замедлителя.

Поправочный коэффициент в точке облучения определялся как отношение дозы облучения к показанию ДВГН-01.

На основании представленных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Отношения чувствительности АД и КИД к чувствительности ДВГН-01 в точках измерения за защитой У-400М и в зале ускорителя постоянны в пределах 25 % и находятся в диапазоне, определенном в [8]. Полученные результаты еще раз подтверждает сделанный в [8] вывод о том, что отношения чувствительности АД и КИД к чувствительности ДВГН-01 постоянны в широком диапазоне энергий нейтронов для различных источников нейтронов (радионуклидных источников, ускорителя высоких энергий У-70 в Протвино и циклотрона У-400М в ЛЯР). Это позволяет использовать полученные ранее результаты определения поправочных коэффициентов для АД и КИД на ЯФУ ОИЯИ также для дозиметра ДВГН-01 на этих установках.

2. Получены экспериментальные значения поправочных коэффициентов непосредственно для ДВГН-01 в точках за защитой У-400М, которые будут использоваться для определения более достоверных значений доз облучения персонала ЛЯР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе экспериментально определены отношения чувствительности АД и КИД к чувствительности ДВГН-01 в точках измерения за защитой и в зале У-400М. Показано постоянство этих отношений в пределах 25 % для всех точек измерения. Они находятся в полученном ранее диапазоне отношений для полей нейтронов на основе радионуклидных источников и на верхней защите У-70 ИФВЭ. Это подтверждает выводы работы [8] о возможности использования полученных ранее значений поправочных коэффициентов для АД и КИД на различных ЯФУ ОИЯИ и для ДВГН-01 на этих установках.

Экспериментально полученные значения поправочных коэффициентов для ДВГН-01 в нескольких точках за защитой У-400М позволяют использовать в ИДК в ЛЯР более достоверное, чем применяемое ранее (0,2), значение поправочного коэффициента, равное 0,3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санников А. В. и др. Индивидуальный дозиметр смешанного излучения ДВГН-01: разработка и исследование характеристик. Препринт ИФВЭ 2005-6 ОРИ. Протвино, 2005. 12 с.
2. Бескровная Л. Г., Горошкова Е. А., Мокров Ю. В. Исследование адекватности показаний альбедного дозиметра ДВГН-01 дозам облучения персонала в полях нейтронного излучения ядерно-физических установок ОИЯИ // Письма в ЭЧАЯ. 2010. Т. 7, № 3(159). С. 347–363.
3. Санников А. В. и др. Дозиметр эффективной дозы смешанного излучения. Препринт ИФВЭ 2008-1 ОРИ. Протвино, 2008. 11 с.
4. Косьяненко Е. В. и др. Спектры и дозиметрические характеристики полей нейтронов на рабочих местах персонала горно-химического комбината. Препринт ИФВЭ 2008-22 ОРИ. Протвино, 2008. 11 с.
5. Касканов Г. Я. и др. Чувствительность альбеда-дозиметров с термолюминесцентными детекторами к нейтронам различных энергетических спектров. Сообщ. ОИЯИ 16-84-804. Дубна, 1984. 8 с.
6. Мокров Ю. В. Разработка методов и средств метрологического обеспечения радиационного контроля нейтронного излучения на ускорителях и импульсных реакторах. Дис. ... канд. техн. наук. М., 1999. 18 с.
7. Комплекс автоматизированный индивидуального дозиметрического контроля АКИДК-301. Руководство по эксплуатации. Ангарск, 2007.
8. Алексеев А. Г., Мокров Ю. В., Морозова С. В. Сравнительное изучение чувствительности альбедных дозиметров нейтронов разных типов с целью коррекции их показаний при использовании в полях ядерно-физических установок ОИЯИ // Письма в ЭЧАЯ. 2012. Т. 9, № 2. С. 192–201.
9. Алейников В. Е., Бескровная Л. Г., Мокров Ю. В. Использование ^{10}B -счетчика в замедлителе для измерения Ambientного эквивалента дозы нейтронов при проведении радиационного контроля в ОИЯИ // Письма в ЭЧАЯ. 2009. Т. 6, № 1 (150). С. 124–133.

Получено 4 июня 2012 г.