

Ю. В. Мокров^{1,2,*}, С. В. Морозова¹

**КОРРЕКЦИЯ ПОКАЗАНИЙ АЛЬБЕДНОГО ДОЗИМЕТРА
НЕЙТРОНОВ ДВГН-01 В ПОЛЯХ ИЗЛУЧЕНИЯ
ГЕНЕРАТОРА ЭГ-5 ЛНФ ОИЯИ С ПОМОЩЬЮ
ШАРОВОЙ АЛЬБЕДНОЙ СИСТЕМЫ**

¹ Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

² Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

* E-mail: mokrov@jinr.ru

Мокров Ю. В., Морозова С. В.

P16-2019-16

Коррекция показаний альбедного дозиметра нейтронов ДВГН-01
в полях излучения генератора ЭГ-5 ЛНФ ОИЯИ
с помощью шаровой альбедной системы

Представлены результаты коррекции показаний альбедных дозиметров ДВГН-01 в поле излучения электростатического генератора нейтронов ЭГ-5 с помощью шаровой альбедной системы. Определены значения поправочных коэффициентов для двух геометрий облучения: для индивидуального эквивалента дозы в передне-задней геометрии и для эффективной дозы в изотропной геометрии. Результаты работы могут использоваться при проведении индивидуального дозиметрического контроля персонала, работающего с аналогичными генераторами нейтронов.

Работа выполнена в Отделе радиационной безопасности ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2019

Mokrov Yu. V., Morozova S. V.

P16-2019-16

The Correction of Albedo Dosimeters DVGN-01 Readout
at the Neutron Generator EG-5 with the Help of a Spherical Albedo System

The results of readout correction for albedo dosimeters DVGN-01 using a spherical albedo system are presented. The measurements were carried out behind the neutron generator EG-5. On the basis of the presented results, the correction coefficients were recommended for individual radiation control at the neutron generator.

The investigation has been performed at the Radiation Safety Department of JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2019

ВВЕДЕНИЕ

В ОИЯИ индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) персонала, работающего в полях ионизирующих излучений на различных ядерно-физических установках (ЯФУ), проводится с помощью индивидуальных дозиметров ДВГН-01 и ДВГ-01 [1]. Для ИДК по нейтронному и фотонному излучениям используются альбедные дозиметры ДВГН-01, регистрирующие отраженные от тела и выходящие из него так называемые альбедные нейтроны. Дозиметры, основанные на этом принципе, наряду с многочисленными достоинствами имеют тот недостаток, что их показания существенно зависят от энергии падающих на дозиметр нейтронов. Это приводит к искажению дозы облучения нейтронами, которую получает персонал, контролируемый такими дозиметрами. Для получения правильного значения дозы облучения показания дозиметров должны быть скорректированы в зависимости от энергетического спектра поля нейтронов, в котором работает персонал. Коррекция показаний проводится с использованием поправочных коэффициентов, на которые умножаются показания дозиметров. В зависимости от спектров нейтронов на различных ЯФУ поправочные коэффициенты могут иметь значения от 0,05 до 2,0. В последние годы в ОИЯИ и в других научных центрах, использующих альбедные дозиметры, проводятся работы по определению поправочных коэффициентов на различных ЯФУ [2–5] для использования их при проведении ИДК. При этом одним из наиболее оперативных методов определения поправочных коэффициентов является метод с использованием шаровой альбедной системы [4, 6].

В настоящей работе представлены результаты определения поправочных коэффициентов к показаниям дозиметра ДВГН-01 в поле излучения на электростатическом генераторе ЭГ-5 ЛНФ ОИЯИ.

1. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения проводились в трех точках в экспериментальном зале №2 при взаимодействии дейтронов с энергией 2,1 МэВ с газовой дейтериевой мишенью. Нейтроны образовывались по реакции $d + d \rightarrow {}^3\text{He} + n$, и их энергия изменялась в зависимости от угла вылета относительно направления

пучка дейтронов. При 0°C максимальная энергия равна 4,56 МэВ, при 30°C — 4,32 МэВ и при 90°C — 2,95 МэВ.

На рис. 1 представлена схема расположения точек измерений:

- точка 1 — справа от направления пучка дейтронов после мишени на расстоянии около 5 м от нее (рис. 2);
- точка 2 — слева от мишени относительно направления пучка дейтронов на расстоянии около 3 м от нее (см. рис. 2);

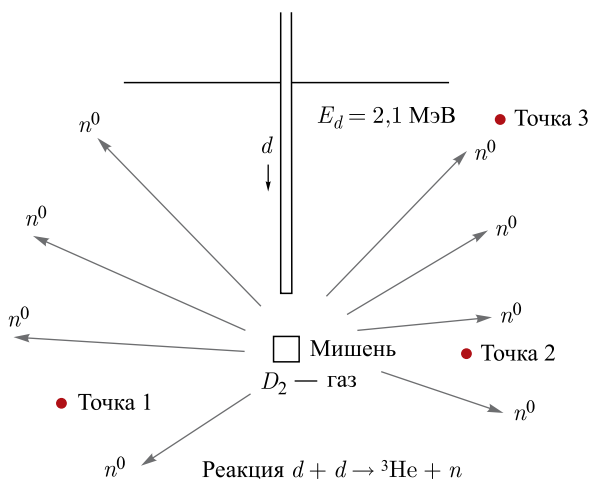


Рис. 1. Схема и условия проведения измерений



Рис. 2. Точки измерений 1 и 2



Рис. 3. Точка измерений 3

- точка 3 — слева от направления пучка дейтронов сзади мишени на расстоянии около 4 м от нее (рис. 3).

Шаровая альбедная система располагалась во всех точках на высоте 1,2 м.

После облучения дозиметры ДВГН-01 и слайд дозиметра, помещенный в центре шара, обрабатывались по стандартной методике на считывателе СТЛ-300 комплекса АКЖДК-301.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ И РАСЧЕТОВ

Полученные при измерениях на считывателе показания дозиметров были обработаны, и получены следующие величины.

1. Максимальное показание дозиметра на шаре H_{\max} . Как видно из таблицы, максимальные показания во всех точках зарегистрированы на стороне шара, обращенной к источнику нейтронов, что говорит, скорее, о направленном облучении шаровой системы. Это подтверждается расчетом оценочного значения коэффициента изотропности излучения, который определяется по формуле

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

где A — максимальное показание дозиметра на шаре; B — показание дозиметра на противоположной стороне шара.

Определенный таким образом коэффициент изотропности дает приближительную оценку углового распределения облучения в месте измерений. Близость этого коэффициента к точке 1 говорит о направленном облучении —

Результаты измерений

Точка измерений	$K_{из} = \frac{A+B}{A}$	H_{max} , мЗв	H_s , мЗв	H_c , мЗв	H_c/H_s	$k_H(ПЗ) = 0,209 (H_c/H_s)^{1,131}$	$k_E(ISO) = 0,297 (H_c/H_s)^{1,264}$	$H^*(10)$, мЗв
1	1,60	9,33	4,93	9,33	1,89	0,43	0,66	5,50
2	1,55	8,12	4,99	8,12	1,63	0,36	0,55	4,79
3	1,52	7,26	4,76	7,26	1,52	0,33	0,50	4,28

так называемой передне-задней (ПЗ)-геометрии. Близость коэффициента к точке 2 говорит о близости к изотропному облучению.

2. Среднее арифметическое значение показаний шести дозиметров на поверхности шара H_s .

3. Показание слайда в центре шара H_c .

4. Результат определения мощности амбиентного эквивалента дозы $H^*(10)$. Значение $H^*(10)$ в миллизивертах определялось по формуле $H^*(10) = H_{ДВГН} K_{гр}$, где $K_{гр}$ — градуировочный коэффициент, найденный в ОИЯИ для нейтронов Pu-Be-источника и равный 0,59; $H_{ДВГН}$ — показания дозиметра (в миллизивертах).

5. Поправочные коэффициенты $k_H(ПЗ)$ для индивидуального эквивалента дозы нейтронов в передне-задней геометрии, рассчитанные по формуле [5]

$$k_H(ПЗ) = 0,209(H_c/H_s)^{1,131}. \quad (2)$$

6. Поправочные коэффициенты $k_E(ISO)$ для эффективной дозы нейтронов в изотропной геометрии, рассчитанные по формуле [5]

$$k_E(ISO) = 0,297(H_c/H_s)^{1,264}.$$

Результаты измерений представлены в таблице.

3. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Анализ значений коэффициентов показывает, что с увеличением угла относительно пучка дейтронов и, соответственно, уменьшением энергии нейтронов значение поправочных коэффициентов для обеих величин и геометрий уменьшается, что хорошо согласуется с ходом энергетической зависимости чувствительности ДВГН-01 [2].

2. Как видно из результатов измерений, коэффициент изотропности во всех точках измерений имеет значения, близкие к 1,5, что говорит, скорее,

о направленном облучении (ПЗ-геометрии) со стороны генератора при наличии рассеянных в зале нейтронов. Поэтому более оправданным является использование в данных условиях коэффициента k_H (ПЗ).

3. Спектр нейтронов в точках измерений нельзя отнести к строго низкоэнергетическим. С учетом энергии испускаемых из мишени нейтронов, которая не превышает 4,5 МэВ, и с учетом рассеяния нейтронов в помещении спектры в местах расположения шаровой альбедной системы можно отнести к промежуточным. Для них средняя энергия незначительно превышает 1 МэВ, а значение отношения H_c/H_s меньше 2. В соответствии с выводами работы [7] это говорит о том, что данные условия являются граничными для использования шаровой альбедной системы и применение ее в них является правомерным. Об этом же говорят значения поправочных коэффициентов.

4. Следует отметить близость значений поправочных коэффициентов k_H (ПЗ) и k_E (ISO): отличие от среднего значения не превышает 20%. Это говорит о том, что оценка нормируемой величины эффективной дозы с помощью определения по результатам измерений операционной величины индивидуального эквивалента дозы в передне-задней геометрии является корректной.

5. Так как поправочные коэффициенты в трех точках измерения отличаются незначительно, при использовании в ИДК можно брать средние значения: k_H (ПЗ) = 0,37 и k_E (ISO) = 0,57.

ВЫВОДЫ

В настоящей работе определены с помощью шаровой альбедной системы значения поправочных коэффициентов для альбедного индивидуального дозиметра нейтронов ДВГН-01 в трех точках в зале электростатического генератора ЭГ-5 ЛНФ. Поправочные коэффициенты определены для индивидуального эквивалента дозы в передне-задней геометрии и эффективной дозы в изотропной геометрии.

Показано, что использование в ИДК поправочного коэффициента для индивидуального эквивалента дозы в передне-задней геометрии позволяет в этих условиях достаточно точно, в пределах 20%, оценить эффективную дозу.

В ИДК рекомендовано использовать средние значения приведенных в таблице поправочных коэффициентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комплекс индивидуального дозиметрического контроля автоматизированный АКИДК-301. Руководство по эксплуатации. Ангарск, 2007.
2. Санников А. В. и др. Индивидуальный дозиметр смешанного излучения ДВГН-01: разработка и исследование характеристик. Препринт ИФВЭ-6 ОРИ. Протвино, 2005. 13 с.

3. 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.
4. Мокров Ю. В., Морозова С. В. Использование шаровой альбедной системы для коррекции показаний альбедных дозиметров в полях нейтронного излучения фазотрона ОИЯИ // Письма в ЭЧАЯ. 2014. Т. 11, № 2(186). С. 219–232.
5. Мокров Ю. В. и др. Коррекция показаний альбедных дозиметров на МЦ-400 ЛЯР с помощью шаровой альбедной системы и сравнение с другими методами коррекции // Письма в ЭЧАЯ. 2014. Т. 11, № 6(190). С. 1243–1255.
6. Санников А. В. и др. Препринт ИФВЭ 2008-1 ОРИ. Протвино, 2008. 11 с.
7. Мокров Ю. В. и др. Сообщение ОИЯИ Р16-2018-36. Дубна, 2018. 10 с.

Получено 19 марта 2019 г.

Редактор *Е. В. Григорьева*

Подписано в печать 06.05.2019.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,63. Уч.-изд. л. 0,62. Тираж 170 экз. Заказ № 59690.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/