

# Установка для поверки индивидуальных дозиметров бета-излучения УПБ-ИД

Приведено устройство установки для поверки индивидуальных дозиметров бета-излучения УПБ-ИД, предложена методика поверки дозиметров и приведены результаты исследований характеристик установки и практической апробации методики поверки.

**Ключевые слова:** поверка, поглощённая доза бета-излучения, установка УПБ-ИД, индивидуальный дозиметр.

И.О.Васильев, В.А.Стяжкин (ФГКУ «ГНМЦ» Минобороны России, г.Мытищи);  
Л.Л.Синников (НПП «Доза», г. Зеленоград)

**П**оверка средств измерений (СИ) поглощённой дозы (ПД) и мощности поглощённой дозы (МПД) бета-излучения осуществляется с помощью набора плоских закрытых источников бета-излучения с радионуклидами Sr-90 + Y-90 (источники типа БИС-10 – БИС-50), Ru-106 + Rh-106 (БИР-10 – БИР-50), Tl-204 (БИТ-10 – БИТ-40) и Pm-147 (БИП-10 – БИП-50) [1,2,3,4].

Поверка самих источников осуществляется в соответствии с [6] в открытой геометрии с использованием экстраполяционной тканеэквивалентной камеры или ионизационной камеры с постоянным объемом.

Однако при поверке дозиметров с использованием источников бета-излучения, для защиты поверителя и удобства работы источники устанавливались в поверочные установки закрытого типа (ОУ ТЛД и др.). Облучение дозиметров при поверке проводится на малых расстояниях от источника. В этом случае неизбежно возникают дополнительные погрешности, обусловленные отличиями условий поверки источников по величине МПД бета-излу-

чения от условий их реального применения. Как показывают исследования [5,7], значение дополнительной погрешности, из-за вклада рассеянного излучения и изменения пространственно-угловых и спектральных характеристик поля излучения, может достигать от 20 % до 50 % в зависимости от типа дозиметров.

Международный стандарт ISO 6980-1 [2] предусматривает возможность испытаний СИ бета-излучения на следующих расстояниях для различных источников:

- от 0,003 до 20 см для Pm-147;
- от 0,003 до 50 см для Tl-204;
- от 0,03 до 50 см для Sr-90 + Y-90;
- от 0,001 до 100 см для Ru-106 + Rh-106.

Однако данный же документ при проведении процедуры стандартной калибровки строго регламентирует расстояние источник–детектор:

- 20 см для Pm-147;
- 30 см для Tl-204;
- 30 см для Sr-90 + Y-90.

При этом в процессе калибровки регламентируется установка на расстоянии 10 см от поверхности источника специальных

фильтров, выравнивающих поле бета-излучения источника.

Основанием для данных ограничений служат результаты исследований характеристик полей бета-излучения от источников излучения, конструкция и спектр которых приведены в [2].

Однако конструкция отечественных источников бета-излучения, применяемых в метрологической практике, имеет некоторые отличия, позволяющие считать поле излучения равномерным, а спектр излучения близким к приведённому в [2].

При этом результаты исследований, приведенные в [5], позволяют сделать вывод, что при измерениях в открытых полях бета-излучения, на больших расстояниях от источника влияние геометрических факторов на показания СИ существенно снижается. Поэтому представляется целесообразным разработку и применение установки, позволяющей осуществлять поверку СИ ПД бета-излучения в открытой геометрии, где можно избежать вышеизложенных затруднений.

В 2011 году в НПП «Доза» была разработана установка для поверки индивидуальных дозиметров

бета-излучения УПБ-ИД (далее – установка).

Установка предназначена для проверки (калибровки) индивидуальных дозиметров бета-излучения типа DMC 2000 XB, EPD Mk2 и других. Данные дозиметры применяются в организациях, персонал которых работает в условиях воздействия бета-излучения, для осуществления производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований радиационной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта. Установка передаёт от государственного или вторичных эталонов единицы ПД и МПД бета-излучения в тканеэквивалентном веществе на глубине, соответствующей поверхностной плотности 7 мг·см<sup>-2</sup>. Переход к единицам индивидуального эквивалента дозы Нp(0,07) в Зивертах от единиц поглощённой в ткани дозы бета-излучения в Грех осуществляется с помощью коэффициентов, рекомендованных в [2].

Установка имеет в своём составе:

- контейнер с радионуклидным источником бета-излучения внутри;
- линейку из двух направляющих со шкалой с ценой деления 1 мм для отсчёта расстояния от источника до детектора;
- водный фантом;
- узел крепления и фиксирования поверяемых дозиметров на фантоме;
- приспособление для контроля совмещения оси пучка излучения с центром детектора поверяемого дозиметра.

Контейнер представляет собой трехслойную конструкцию: первый слой (ближе к источнику) выполнен из оргстекла для уменьшения тормозного излучения, второй слой из свинца обеспечи-

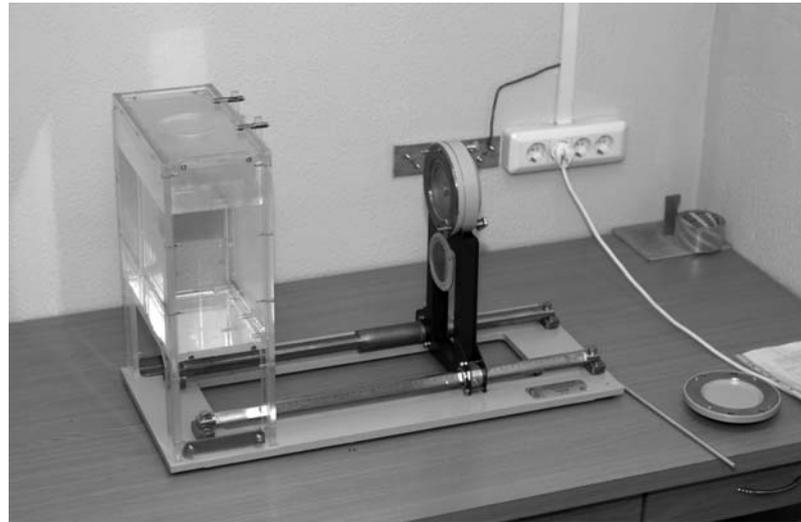


Рис. 1а. Внешний вид установки.



Рис. 1б. Внешний вид источников БИС-50 и БИС-10.

вает необходимую защиту от излучения и третий слой из стали обеспечивает прочность конструкции.

Контейнер имеет специальную вставку, обеспечивающую размещение в нём как источника типа БИС-10, так и БИС-50.

Водный фантом соответствует требованиям [2]. Стенки фантома выполнены из оргстекла. Толщина передней стенки – 2,5 мм, остальных – по 10 мм. Фантом закреплён неподвижно в конце направляющих на металлическом основании.

Расстояние между поверхностью источника и фантомом изменяется от 10 до 45 см.

Для центровки детектора дозиметра по оси пучка имеется специальный наконечник, который с помощью магнита крепится на крышке контейнера и совпадает с осью пучка. Контейнер придвигается к дозиметру, детектор дозиметра устанавливается напротив конца устройства для центровки. Затем контейнер с источником отодвигается на требуемое расстояние.

Принцип действия установки основан на создании с помощью изотопного источника Sr-90 + Y-90 в месте расположения дозиметра поля бета-излучения с известным значением МПД.

Внешний вид установки и ис-

Табл. 1. Основные метрологические и технические характеристики установки.

Наименование характеристики	Значение характеристики	Примечание
Тип используемых источников	Радионуклидные источники бета-излучения типа БИС-10 или БИС-50 на основе радионуклидов Sr-90 и Y-90 (Sr-90 + Y-90)	Тип используемого источника оговаривается при заказе установки
Максимально допустимая активность источника бета-излучения, применяемого в установке, Бк	$5,8 \cdot 10^8$	
Минимально возможная активность источника бета-излучения, применяемого в установке, Бк	$1 \cdot 10^8$	
Диапазон МПД бета-излучения в тканеэквивалентном веществе на глубине, соответствующей поверхностной плотности $7 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$ , воспроизводимых установкой на расстоянии 30 см от поверхности источника (в зависимости от активности используемого источника), $\text{мГр} \cdot \text{ч}^{-1}$	от 4 до 25	Конкретное значение МПД бета-излучения, воспроизводимое установкой, приводится в свидетельстве о поверке установки
Доверительные границы относительной погрешности воспроизведения МПД (при доверительной вероятности 0,95), %	$\pm 7$	
Размеры однородного поля в плоскости, перпендикулярной оси пучка, на расстоянии 30 см от поверхности источника, в пределах которого значение МПД изменяется не более чем на 5 %	не менее 3 см от оси пучка	
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм, не более: – установка – фантом	720×320×500 150×300×300	
Масса установки, кг, не более: – с незаполненным фантомом – с фантомом, заполненным водой	24 34	

точников представлен на рис. 1а и 1б соответственно.

В 2011 году на базе ГЦИ СИ ФБУ «ГНМЦ Минобороны России» были проведены испытания в целях утверждения типа вышеуказанной установки, в ходе которых были подтверждены заявленные метрологические характеристики. Поверка источников осуществлялась в соответствии с методическими указаниями МИ 1774-87 [6]. В процессе испытаний установки было проведено экспериментальное подтверждение такой возможности, фактически – практическая апробация. Для этого были проведены исследования установки в целом и отдельно источников, входящих в комплект.

Основные метрологические и технические характеристики установки представлены в табл. 1.

Согласно [6] были проведены измерения МПД источника бета-излучения типа БИС-10

№ С.108.04, представленного в комплектации, с помощью блока детектирования БДМБ-11С с диаметром измерительного электрода 10 мм, используемого в составе эталона–переносчика единиц ПД и МПД бета-излучения ДКБ-01С [7]. При этом источник извлекался из штатного защитного контейнера. Измерения проводились на фиксированных расстояниях от поверхности источника до эффективного центра блока детектирования: 30, 20, 10 и 5 см. Результаты измерений приведены в табл. 2.

Табл. 2.

Расстояние между ИИИ и БД d, см	Показания прибора Р, $\text{мГр} \cdot \text{с}$					Среднее значение $P_{\text{ср.}}$ , $\text{мГр} \cdot \text{с}$	СКО S, %
	39	39	39	40	40		
5	39	39	39	40	40	39,4	0,62
10	10,2	10,1	10,1	10,1	10,2	10,1	0,24
20	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	0
30	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0

Значение доверительной относительной погрешности определения МПД бета-излучения  $\delta$  составило  $\pm 6$  %.

Затем источник помещался обратно в контейнер, и проводились аналогичные измерения на тех же фиксированных расстояниях.

Чтобы определить влияние на значение воспроизводимой МПД геометрических факторов и конструктивных элементов установки (влияние корпуса защитного контейнера, направляющей линейки, фантома и другие), изме-

Табл.3.

Расстояние между ИИИ и БД d, см	Показания прибора Р, мкГр/с					Среднее значение $P_{ср.}$ , мкГр/с	СКО S, %
5	39	39	39	39	40	39,2	0,51
10	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	0
20	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	0
30	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0

 $\delta = \pm 6 \%$ 

Табл.4.

Расстояние между ИИИ и БД d, см	Показания прибора Р, мкГр/с					Среднее значение $P_{ср.}$ , мкГр/с	СКО S, %
5	39	39	39	40	40	39,4	0,62
10	10,1	10,1	10,1	10,1	10,2	10,1	0,20
20	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	0
30	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0

 $\delta = \pm 6 \%$ 

рения МПД проводились в различных условиях:

а) измерение МПД от источника в штатном контейнере отдельно от установки;

б) измерение МПД от источника в штатном контейнере на установке в сборе (блок детектирования ДКБ-01С крепится в месте расположения фантома).

Измерения проводились на фиксированных расстояниях от поверхности источника бета-излучения до эффективного центра блока детектирования: 30, 20, 10 и 5 см. Результаты измерений при приведенных выше условиях от-

ражены в табл. 3 и 4 соответственно.

Из полученных результатов видно, что элементы конструкции установки не оказывают существенного влияния на воспроизводимую источником величину МПД.

Следовательно, поверку установок УПБ-ИД целесообразно проводить по [6], демонтируя защитный контейнер с источником бета-излучения и, не извлекая источник, проводить измерения МПД и ПД (например, с помощью экстраполяционной камеры Государственного или вторичного

эталона единиц ПД и МПД бета-излучения). То есть, для проведения поверки установки достаточно доставить только контейнер с источником и нет необходимости транспортировать всю установку полностью.

Аналогичные исследования были проведены с источником бета-излучения типа БИС-50. Источник из штатного защитного контейнера не извлекался. Измерения проводились на фиксированных расстояниях от поверхности источника бета-излучения до эффективного центра блока детектирования: 30, 20, 10, 5 и 1 см. Результаты измерений приведены в табл.5.

Доверительная относительная погрешность определения МПД бета-излучения  $\delta$  составила 6%, что позволяет применять установку в качестве рабочего эталона в соответствии с ГОСТ 8.035-82 [8].

Вместе с тем, показана возможность проведения поверки установок данного типа другим методом, т.е. располагать блок детектирования эталона-переносчика ДКБ-01С или другого эталонного дозиметра бета-излучения в месте расположения фантома (заполненного водой или без неё) установки и проводить измерения. Данный способ удобен и целесообразен при проведении поверки на выезде, в месте при-

Табл.5.

Расстояние между ИИИ и БД d, см	Показания прибора Р, мкГр/с					Среднее значение $P_{ср.}$ , мкГр/с	СКО S, %
1	1583,5	1583,5	1583,5	1583,5	1583,5	1583,5	0
5	352,15	352,15	352,15	352,15	352,15	352,15	0
10	104,7	104,7	104,7	104,7	104,7	104,7	0
20	27,865	27,865	27,865	27,865	27,865	27,87	0
30	12,575	12,575	12,575	12,575	12,575	12,58	0

менения установок.

Таким образом, появился новый рабочий эталон для метрологического обеспечения СИ ПД бета-излучения – поверочная уста-

новка УПБ ИД, позволяющая проводить поверку индивидуальных дозиметров по поглощенной дозе бета-излучения в соответствии с требованиями [2,8]. Тип установки

утвержден и внесен в Государственный реестр средств измерений под № 47616-11.

## Литература

1. РД 50-444-83. Методические указания. Приборы дозиметрические для измерения экспозиционной, поглощенной и эквивалентной дозы излучения термолюминесцентные. Методы и средства поверки. М.: Изд-во стандартов, 1984.
2. ISO 6980-1. Nuclear energy—Reference beta-particle radiation—Part 1: Methods of production, 2006.
3. ТУ 95.908-81. Источники бета-излучения с радионуклидами стронций-90+иттрий-90 типов БИС-10 – БИС-50, церий-144+празеодим-144 типов БИЦ-10 – БИЦ-50 и рутений-106+родий-106 типов БИР-10 – БИР-50. Технические условия. М., 1981.
4. Источники альфа-, бета-, гамма- и нейтронных излучений. Каталог. М.: Изд. В/О «Изотоп», 1980.
5. Васильев И.О., Володин А.В., Синников Л.Л. Выбор геометрии облучения при поверке средств измерений поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы бета-излучения. Контроль и диагностика. Метрологическая академия. Вып.2, 1993. С. 52-56.
6. МИ 1774-87 «ГСИ. Источники бета-излучения плоские дозиметрические образцовые и рабочие. Методика поверки». Ленинград, 1988 г.
7. Васильев И.О., Синников Л.Л. Измеритель бета-излучения образцовый ДКБ-01С. Техника и вооружение, №6, 1991.
8. ГОСТ 8.035-82. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы бета-излучения. М.: Изд-во стандартов, 1982.

## Investigation of the Characteristics of Plant for Verification of Beta-Radiation Individual Dosimeters UPB-ID

Vasiliev I.O., Styazhkin V.A (Federal state institution «CSMC» Ministry of defense of Russia, Mytishchi);  
Sinnikov L.L. (Scientific and producing company «Doza»)

**Abstract.** Verification procedure of beta-radiation individual dosimeters is suggested. Research results of verification plant characteristics and practical testing of verification procedure are given.

**Key words:** verification, absorbed dose of beta-radiation, the plant UPB-ID, individual dosimeter.

И.О.Васильев (к.т.н., с.н.с., зам.нач.), В.А.Стяжкин (нач.лаб.) – ФГКУ «ГНМЦ» Минобороны России, г. Мытищи; Л.Л.Синников (к.т.н., с.н.с., гл.метролог) – НПП «Доза», г. Зеленоград.  
Контакты: тел.: +7 (495) 777-84-85; e-mail: sill@doza.ru.