

**Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева»  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

ООО «Сименс»  
по доверенности № НС 01-041 от  
03.10.2016г

  
\_\_\_\_\_  
Аспидов А.В.  
  
\_\_\_\_\_  
Добрыднева Г.В.  
\_\_\_\_\_  
М.П.

« 27 » декабря 2016 г.

Директор ФГУП «ВНИИМ  
им. Д.И. Менделеева»  
  
\_\_\_\_\_  
К. В. Гоголинский

М.П.  
« 27 » декабря 2016 г.

Государственная система обеспечения единства измерений  
**Дозиметры DIAMENTOR K1S T11028, DIAMENTOR K2S T11029**

**Методика поверки**

**МП 2103-002-2016**

Руководитель отдела измерений  
ионизирующих излучений

  
\_\_\_\_\_  
С. Г. Трофимчук

Старший научный сотрудник

  
\_\_\_\_\_  
А. Ю. Виллевальде

Санкт-Петербург  
2016

Настоящая методика поверки распространяется на дозиметры DIAMENTOR K1S T11028, DIAMENTOR K2S T11029, предназначенные для измерения произведения кермы в воздухе на площадь (произведения дозы на площадь).

Первичной поверке подлежат дозиметры до ввода в эксплуатацию и выпускаемые в обращение после ремонта.

Периодической поверке подлежат дозиметры, находящиеся в эксплуатации.

Интервал между поверками – 1 год.

*Примечание.* При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Определение основной относительной погрешности дозиметра при измерениях произведения кермы в воздухе на площадь выполняется одним из методов в зависимости от условий эксплуатации прибора (с возможностью или невозможностью демонтажа):

- на эталонной дозиметрической установке (с демонтажем поверяемого дозиметра);
- с использованием эталонного дозиметра (без демонтажа поверяемого дозиметра);
- с использованием эталонного измерителя произведения дозы (кермы в воздухе) на площадь (без демонтажа поверяемого дозиметра).

В случае использования прибора в ограниченных диапазонах измеряемых величин и режимов рентгеновского излучения на основании письменного заявления заказчика допускается проведение поверки в этих ограниченных диапазонах. При этом в свидетельстве о поверке должны быть указаны диапазоны, в которых проводилась поверка, и режимы рентгеновского излучения.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Опробование	7.2	да	да
Определение основной относительной погрешности дозиметра при измерениях произведения кермы в воздухе на площадь - на эталонной дозиметрической установке (с демонтажем поверяемого дозиметра); - с использованием эталонного дозиметра (без демонтажа поверяемого дозиметра); - с использованием эталонного измерителя произведения дозы (кермы в воздухе) на площадь (без демонтажа поверяемого дозиметра)	7.3	да	да
	7.3.1	да	да
	7.3.2	да	да

метра)	7.3.3	да	да
Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Определение энергетической зависимости чувствительности дозиметра	7.4	да	нет
Оформление результатов поверки	8	да	да

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться эталоны, средства измерений и вспомогательное оборудование, приведенные в таблице 2.

2.2 Все средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2.3 Допускается использование иных средств измерений с метрологическими характеристиками, не уступающими приведенным в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования	Основные метрологические характеристики
7.3.1, 7.4	Рабочий эталон 1-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – поверочная дозиметрическая установка рентгеновского излучения	<p>Диапазон анодных напряжений на рентгеновской трубке 50–150 кВ.</p> <p>Режимы серии RQR по ГОСТ Р МЭК 61267-2001.</p> <p>Диапазон мощности кермы в воздухе 10 мкГр/с – 100 мГр/с.</p> <p>Диапазон кермы в воздухе 0,1 мГр – 20 Гр.</p> <p>Основная погрешность не более <math>\pm 3\%</math>.</p> <p>Площадь поля в месте расположения ионизационной камеры поверяемого дозиметра 4–190 см<sup>2</sup>.</p>
7.3.2, 7.4	Рабочий эталон 1-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – дозиметр кермы в воздухе рентгеновского излучения с ионизационной камерой объемом не более 1 см <sup>3</sup>	<p>Диапазон регистрируемых энергий фотонов 20–150 кэВ.</p> <p>Диапазон измеряемых значений мощности кермы в воздухе 10 мкГр/с – 0,5 Гр/с.</p> <p>Диапазон измеряемых значений кермы в воздухе 0,1 мГр – 20 Гр.</p> <p>Основная погрешность дозиметра по керме в воздухе не более <math>\pm 2,5\%</math>.</p>
7.3.3, 7.4	Рабочий эталон 2-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – измеритель произведения дозы (кермы в воздухе) на площадь	<p>Диапазон анодных напряжений на рентгеновской трубке 40–150 кВ.</p> <p>Диапазон измеряемых значений произведения дозы (кермы в воздухе) на площадь 0,01 сГр·см<sup>2</sup> – 100 сГр·см<sup>2</sup>.</p> <p>Основная погрешность измерителя по произведению дозы (кермы в воздухе) на площадь не более <math>\pm 5\%</math>.</p>
7.3.2, 7.4	Линейка измерительная по ГОСТ 427-75	<p>Диапазон 0–1000 мм.</p> <p>Цена деления 1 мм.</p>

Номер пункта методики поверки	Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования	Основные метрологические характеристики
7.3, 7.4	Секундомер «Электроника R1-01»	Дискретность отсчета 0,01 с. Погрешность $\pm(6,13 \cdot 10^{-6}T_x + 0,012)$ , $T_x$ – значение измеренного интервала времени.
7.3, 7.4	Термометр лабораторный по ГОСТ 28498-90	Цена деления 0,1 °С. Диапазон измерений 10–40 °С.
7.3, 7.4	Барометр БАММ-1	Цена деления 1 кПа. Диапазон измерения 60–120 кПа.
7.3, 7.4	Психрометр аспирационный М-34-М	Диапазон измерения влажности 20–90 %. Погрешность измерения $\pm 5$ %.

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению измерений и обработке результатов измерений при поверке допускаются лица, имеющие профессиональные знания в области дозиметрии, изучившие руководство по эксплуатации и аттестованные на право поверки дозиметрических средств измерений.

### 4 ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010 СП 2.6.1.2612-10, Норм радиационной безопасности НРБ-99/2009 СанПиН 2.6.1.2523–09 и правила техники безопасности, действующие на данном предприятии.

4.2 К работе должны привлекаться лица, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений.

### 5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С  $20 \pm 5$ ;
- относительная влажность воздуха, % 60 (–30; +20);
- атмосферное давление, кПа 101,3 (–15,3; +5,4);
- внешний радиационный фон (мощность амбиентного эквивалента дозы), мкЗв/ч не более 0,2.

### 6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Перед проведением поверки необходимо:

- ознакомиться с руководством по эксплуатации на дозиметр (далее РЭ);
- подготовить дозиметр к работе в соответствии с РЭ.

6.2 Все установки и средства измерений должны быть подготовлены к работе в соответствии с технической документацией на них.

### 7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

#### 7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- соответствие комплектности поверяемого дозиметра требованиям РЭ в объеме, необходимым для проведения поверки;

- наличие РЭ, описания типа и свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
- отсутствие на дозиметре загрязнений, механических повреждений, влияющих на его работоспособность.

## 7.2 Опробование

При опробовании проводят контроль функционирования дозиметра согласно руководству по эксплуатации «Дозиметры DIAMENTOR K1S T11028, DIAMENTOR K2S T11029. Руководство по эксплуатации».

## 7.3 Определение основной относительной погрешности дозиметра при измерениях произведения кермы в воздухе на площадь

### 7.3.1 Определение основной относительной погрешности дозиметра при измерениях произведения кермы в воздухе на площадь на эталонной дозиметрической установке

7.3.1.1 Основную относительную погрешность поверяемого дозиметра при измерении произведения кермы в воздухе на площадь определяют с использованием рабочего эталона 1-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – поверочной дозиметрической установки рентгеновского излучения методом косвенных измерений на режиме рентгеновского излучения RQR8 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 (напряжение генерирования 100 кВ, номинальный слой половинного ослабления (СПО) 3,7 мм Al) при размерах поля рентгеновского излучения от 4 см<sup>2</sup> до 190 см<sup>2</sup> при поверке с ионизационной камерой типа ТА34028-1 и от 4 см<sup>2</sup> до 40 см<sup>2</sup> при поверке с ионизационной камерой типа ТА34002.

#### ПРИМЕЧАНИЯ

1. Косвенный метод измерений произведения кермы или мощности кермы в воздухе на площадь основан на измерении кермы или мощности кермы в воздухе в опорной точке поля рентгеновского излучения эталонной дозиметрической установки, измерении линейных размеров поля рентгеновского излучения в плоскости, проходящей через эту опорную точку и перпендикулярной оси пучка рентгеновского излучения, и последующем расчете произведения кермы или мощности кермы в воздухе на площадь из результатов измерений указанных величин.

2. Формирование поля рентгеновского излучения заданных размеров в месте расположения ионизационной камеры дозиметра допускается производить с использованием свинцовых или вольфрамовых пластин толщиной не менее 10 мм, имеющих калиброванные отверстия и геометрические размеры не менее 180 мм × 190 мм, чтобы при установке вплотную к ионизационной камере дозиметра пластина полностью ее перекрывала.

3. Допускается проводить поверку в поверочных точках на краях диапазона измерений дозиметра методом эквивалентного поля с использованием других режимов рентгеновского излучения.

7.3.1.2 Определение основной относительной погрешности следует проводить в четырех поверочных точках, соответствующие значения произведения кермы в воздухе на площадь указаны в таблице 3.

Таблица 3

Номер поверочной точки	Произведение кермы в воздухе на площадь, $K_{0i} \cdot A$ , сГр·см <sup>2</sup>
1	1–5
2	10–500
3	100–5000
4	10000–200000

7.3.1.3 При определении основной относительной погрешности дозиметра центр чувствительной области ионизационной камеры должен располагаться на центральной оси пучка излучения.

Центр чувствительной области ионизационной камеры типа ТА34028-1 располагается на глубине 9,0 мм от входного окна камеры (геометрический центр камеры). Размеры активной площади камеры 140 мм × 140 мм.

Центр чувствительной области ионизационной камеры типа ТА34002 располагается на глубине 7,0 мм от входного окна камеры (геометрический центр камеры). Диаметр активной площади камеры 77 мм.

При проверке ионизационную камеру следует располагать так, чтобы рабочая поверхность камеры была перпендикулярна направлению излучения и обращена в сторону рентгеновской трубки.

7.3.1.4 В каждой поверочной точке проводят не менее пяти измерений произведения кермы в воздухе на площадь,  $M_i$ , и определяют их средние арифметические значения,  $M$ .

7.3.1.5 Оценивают среднее квадратическое отклонение результатов измерений произведения кермы в воздухе на площадь поверяемого дозиметра по формуле:

$$S(M) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_i - M)^2}{n(n-1)}}. \quad (1)$$

7.3.1.6 Определяют границы неисключенной систематической погрешности результата измерений произведения кермы в воздухе на площадь при доверительной вероятности  $p = 0,95$ :

$$\theta = 1,1 \sqrt{\Delta^2 + \delta_{K_0}^2 + \delta_A^2 + \delta_{nu}^2 + \delta_m^2}, \quad (2)$$

где  $\Delta$  - максимальная относительная погрешность показаний поверяемого дозиметра при измерениях произведения кермы в воздухе на площадь, %:

$$\Delta = \left[ \frac{(M - K_0 \cdot A)}{K_0 \cdot A} \cdot 100 \right]_{\max}, \%, \quad (3)$$

где  $M$  – среднее арифметическое значение показаний поверяемого дозиметра при измерении произведения кермы в воздухе на площадь в поверочной точке, сГр·см<sup>2</sup>;

$K_0$  – действительное значение кермы в воздухе в поверочной точке, сГр;

$A$  – площадь поперечного сечения пучка рентгеновского излучения в месте расположения ионизационной камеры дозиметра, см<sup>2</sup>;

$\delta_{K_0}$  – погрешность действительного значения кермы в воздухе (из свидетельства об аттестации эталона), %;

$\delta_A$  – погрешность определения геометрических размеров поля излучения в месте расположения камеры дозиметра, %;

$\delta_{nu}$  – погрешность, вызванная неоднородностью мощности кермы в воздухе эталонной установки по сечению пучка излучения, %;

$\delta_m$  – погрешность метода проверки в соответствии с ГОСТ Р 8.804-2012, %.

7.3.1.7 Доверительные границы основной относительной погрешности поверяемого измерителя вычисляют по формуле:

$$\delta = Coef \cdot S_{\Sigma}, \quad (4)$$

где  $S_{\Sigma}$  – оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерений;

$Coef$  – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей.

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\theta}^2 + S^2(M)}; \quad (5)$$

$$Coef = \frac{\varepsilon + \theta}{S(M) + S_{\theta}}, \quad (6)$$

$S_{\theta} = \frac{0}{1,1\sqrt{3}}$  – среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической погрешности;

$S(M)$  – среднее квадратическое отклонение результатов измерений произведения кермы в воздухе на площадь поверяемого дозиметра;

$\varepsilon$  – доверительные границы случайной погрешности поверяемого дозиметра при измерениях произведения кермы в воздухе на площадь:

$$\varepsilon = t_o \cdot S(M), \quad (7)$$

где  $t_o$  – коэффициент Стьюдента, который определяется в зависимости от доверительной вероятности и числа измерений ( $t_o = 2,78$  при доверительной вероятности  $p = 0,95$  и числе измерений  $n = 5$ ).

7.3.1.8 Дозиметр считается прошедшим поверку, если его основная относительная погрешность при поверке,  $\delta$ , не превышает пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\pm 10\%$ .

### 7.3.2 Определение основной относительной погрешности дозиметра при измерениях произведения кермы в воздухе на площадь с использованием эталонного дозиметра

7.3.2.1 При стационарном размещении ионизационной камеры дозиметра на штатном месте рентгеновского аппарата и невозможности ее демонтажа, поверка дозиметра может производиться методом косвенных измерений с использованием рабочего эталона 1-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – дозиметра кермы в воздухе с ионизационной камерой объемом не более  $1 \text{ см}^3$ , аттестованного в полях рентгеновского излучения при напряжениях генерирования от 50 до 150 кВ. Определение основной относительной погрешности поверяемого дозиметра производится на режиме рентгеновского излучения с напряжением генерирования 100 кВ. При невозможности задания такого значения напряжения на рентгеновском аппарате устанавливают базовый режим излучения, используемый при проведении диагностики на данном аппарате.

7.3.2.2 Перед началом поверки стол для пациента (если он используется при облучении) устанавливают в горизонтальное положение. На нем размещают кассету с высококонтрастной рентгеновской пленкой (для рентгенографии) по центру пучка излучения и перпендикулярно его оси. При отсутствии стола для пациента кассету размещают на приемном устройстве или в специальном штативе на расстоянии от рентгеновской трубки, соответствующем местоположению пациента.

С помощью диафрагмы рентгеновского аппарата по световому полю устанавливают максимальный размер поля рентгеновского излучения на кассете.

7.3.2.3 Облучение пленки рекомендуется проводить на режиме излучения рентгеновского аппарата 100 кВ и 40 мАс.

7.3.2.4 Рентгеновскую пленку проявляют кратковременно, для того чтобы получить четкие края поля излучения, измеряют геометрические размеры поля с помощью металлической линейки и рассчитывают площадь поля излучения,  $A$  (с погрешностью не более

$\pm 3$  %). Границей поля рентгеновского излучения следует считать зону с интенсивностью излучения, составляющей 50 % от интенсивности в центре поля излучения.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

*Допускается определять размер поля излучения другими способами, в том числе по световому полю рентгеновского аппарата, с погрешностью не более  $\pm 3$  %.*

7.3.2.5 На рентгеновском аппарате устанавливают время экспозиции и анодный ток, максимально возможные на режиме излучения, выбранном для проведения поверки.

7.3.2.6 Стол для пациента убирают из пучка излучения. Ионизационную камеру эталонного дозиметра устанавливают в центре поля излучения на месте расположения рентгеновской пленки и включают режим излучения.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

*В поле излучения вблизи камеры не должно находиться предметов, вызывающих рассеяние рентгеновского излучения.*

7.3.2.7 С помощью эталонного дозиметра определяют значение кермы в воздухе за время действия излучения,  $K'_{0i}$ . Снимают показания поверяемого дозиметра при измерении произведения кермы в воздухе на площадь,  $M_i$ . Измерения  $K'_{0i}$  и  $M_i$  повторяют не менее пяти раз и вычисляют их средние арифметические значения,  $K'_0$  и  $M$ , контролируя воспроизводимость поля рентгеновского излучения.

7.3.2.8 Оценивают среднее квадратическое отклонение результатов измерений произведения кермы в воздухе на площадь по формуле (1).

7.3.2.9 Равномерно перемещая ионизационную камеру эталонного дозиметра по двум взаимно перпендикулярным осям поля излучения на одинаковые расстояния от центра поля, определяют относительное распределение кермы в воздухе по полю облучения, выбрав по одной точке на каждой полуоси.

7.3.2.10 Рассчитывают усредненную по полю излучения мощность кермы в воздухе, исходя из результатов измерения в пяти точках поля (включая центр), и вычисляют коэффициент  $k_{mi}$ , учитывающий неоднородность поля излучения:

$$k_{mi} = \frac{\sum_{j=1}^5 K'_j}{5 \cdot K'_1}, \quad (8)$$

где  $K'_j$  – мощность кермы в воздухе в  $j$ -ой точке поля излучения;  $K'_1$  – мощность кермы в воздухе в центре поля излучения.

7.3.2.11 Рассчитывают действительное значение кермы в воздухе,  $K_0$ , усредненное по полю излучения, по формуле:

$$K_0 = K'_1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_{mi}, \quad (9)$$

где  $k_1$  – коэффициент, учитывающий ослабление рентгеновского излучения ионизационной камерой дозиметра, его значения приведены в Таблице 4;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий ослабление рентгеновского излучения стенкой кожуха рентгеновской трубки (определяется при проведении калибровки дозиметра на месте эксплуатации в случае установки ионизационной камеры дозиметра внутрь кожуха рентгеновской трубки).

7.3.2.12 Устанавливают минимально возможные для данного режима излучения время экспозиции и анодный ток и выполняют действия по п. 7.3.2.7–7.3.2.8. Рассчитывают действительное значение кермы в воздухе, усредненное по полю излучения, по формуле (9).

Таблица 4

Режим излучения по ГОСТ Р МЭК 61267-2001	Напряжение генерирования, кВ	Номинальный первый слой половинного ослабления, мм Al	Коэффициент $k_1$ ионизационной камеры	
			ТА34028-1	ТА34002
RQR3	50	1,5	1,32	1,28
RQR4	60	2,0	1,28	1,25
RQR5	70	2,5	1,26	1,23
RQR6	80	2,9	1,24	1,22
RQR7	90	3,3	1,23	1,21
RQR8	100	3,7	1,22	1,20
RQR9	120	4,5	1,21	1,19
RQR10	150	5,7	1,19	1,18

7.3.2.13 Действия по п. 7.3.2.7–7.3.2.8 повторяют еще при двух значениях анодного тока и времени экспозиции. Рассчитывают действительное значение кермы в воздухе, усредненное по полю излучения, по формуле (9).

7.3.2.14 Определяют границы неисключенной систематической погрешности результата измерений произведения кермы в воздухе на площадь при доверительной вероятности  $p = 0,95$ :

$$\theta = 1,1 \sqrt{\Delta^2 + \delta_{K_0}^2 + \delta_A^2 + \delta_m^2}, \quad (10)$$

где  $\Delta$  – максимальная относительная погрешность показаний поверяемого дозиметра при измерении произведения кермы в воздухе на площадь, %:

$$\Delta = \left[ \frac{(M - K_0 \cdot A)}{K_0 \cdot A} \cdot 100 \right]_{\max}, \quad \%, \quad (11)$$

$M$  – среднее арифметическое значение показаний поверяемого дозиметра при измерении произведения кермы в воздухе на площадь для заданных значений времени экспозиции и анодного тока,  $\text{сГр} \cdot \text{см}^2$ ;

$A$  – площадь поперечного сечения пучка рентгеновского излучения в месте расположения ионизационной камеры эталонного дозиметра,  $\text{м}^2$ ;

$K_0$  – действительное значение кермы в воздухе при заданных значениях времени экспозиции и анодного тока,  $\text{мкГр}$ ;

$\delta_{K_0}$  – погрешность действительного значения кермы в воздухе (из свидетельства на эталонный дозиметр), %;

$\delta_A$  – погрешность определения геометрических размеров поля излучения в месте расположения ионизационной камеры эталонного дозиметра, %;

$\delta_m$  – погрешность метода поверки в соответствии с ГОСТ Р 8.804-2012, %.

7.3.2.15 Доверительные границы основной относительной погрешности поверяемого дозиметра вычисляют по формуле (4).

7.3.2.16 Дозиметр считается прошедшим поверку, если его основная относительная погрешность при поверке,  $\delta$ , не превышает пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\pm 10\%$ .

**7.3.3 Определение основной относительной погрешности дозиметра при измерениях произведения кермы в воздухе на площадь с использованием эталонного измерителя произведения дозы (кермы в воздухе) на площадь**

7.3.3.1 Основную относительную погрешность поверяемого дозиметра при измерениях произведения кермы в воздухе на площадь определяют методом непосредственного

сличения с помощью рабочего эталона 2-го разряда по ГОСТ Р 8.804-2012 – измерителя произведения дозы (кермы в воздухе) на площадь, аттестованного в полях рентгеновского излучения при напряжениях генерирования от 50 до 150 кВ. Определение основной относительной погрешности поверяемого дозиметра производится на режиме рентгеновского излучения с напряжением генерирования 100 кВ. При невозможности задания такого значения напряжения на рентгеновском аппарате устанавливают базовый режим излучения, используемый при диагностике на данном аппарате.

7.3.3.2 Ионизационную камеру эталонного измерителя произведения дозы на площадь устанавливают в центре поля излучения между выходным окном рентгеновской трубки и столом для пациента. При этом размер поля излучения не должен превышать размеры рабочей поверхности ионизационной камеры эталонного измерителя произведения дозы на площадь.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

*Допускается установка камеры эталонного измерителя произведения дозы на площадь на стол для пациента с использованием подставки из воздушноэквивалентного материала (например, пенополистирола).*

7.3.3.4 На рентгеновском аппарате устанавливают время экспозиции и анодный ток, максимально возможные на режиме излучения, выбранном для проведения поверки.

7.3.3.5 Снимают не менее пяти показаний произведения кермы в воздухе на площадь эталонного измерителя,  $(K \cdot A)'_{0i}$ , и поверяемого дозиметра,  $M_i$ , вычисляют их средние арифметические значения,  $(K \cdot A)'_0$  и  $M$ .

7.3.3.6 Оценивают среднее квадратическое отклонение результатов измерений произведения кермы в воздухе на площадь по формуле (1).

7.3.3.7 На режимах излучения с напряжением генерирования, отличающимся от 100 кВ, показания эталонного измерителя произведения дозы на площадь должны быть скорректированы на коэффициент, учитывающий энергетическую зависимость его чувствительности (из свидетельства на эталонный измеритель),  $C_Q$ :

$$(K \cdot A)_0 = (K \cdot A)_{0Q} C_Q. \quad (12)$$

7.3.3.8 Устанавливают минимально возможные для данного режима излучения время экспозиции и анодный ток. Повторяют действия по п. 7.3.3.5–7.3.3.7.

7.3.3.9 Действия по п. 7.3.3.5–7.3.3.7 повторяют еще при двух значениях анодного тока и времени экспозиции.

7.3.3.10 Определяют границы неисключенной систематической погрешности результатов измерений произведения кермы в воздухе на площадь при доверительной вероятности  $p = 0,95$ :

$$\theta = 1,1 \sqrt{\Delta^2 + \delta_{(K \cdot A)_0}^2 + \delta_{C_Q}^2 + \delta_m^2}, \quad (13)$$

где  $\Delta$  - максимальная относительная погрешность показаний поверяемого дозиметра при измерении произведения кермы в воздухе на площадь, %:

$$\Delta = \left[ \frac{M - (K \cdot A)_0 \cdot 100}{(K \cdot A)_0} \right]_{\max}, \quad \%, \quad (14)$$

$M$  – среднее арифметическое значение показаний поверяемого измерителя при измерении произведения кермы в воздухе на площадь для заданных значений времени экспозиции и анодного тока, сГр·см<sup>2</sup>;

$(K \cdot A)_{0i}$  – действительное значение произведения кермы в воздухе на площадь для заданных значений времени экспозиции и анодного тока, сГр·см<sup>2</sup>;

$\delta_{(K \cdot A)_0}$  – погрешность действительного значения произведения кермы в воздухе на площадь (из свидетельства на эталонный измеритель), %;

$\delta_{C_Q}$  – погрешность определения коэффициента, учитывающего энергетическую зависимость чувствительности эталонного измерителя кермы в воздухе на площадь (из свидетельства на эталонный измеритель), %;

$\delta_m$  – погрешность метода поверки в соответствии с ГОСТ Р 8.804-2012, %.

7.3.3.11 Доверительные границы основной относительной погрешности поверяемого дозиметра вычисляют по формуле (4).

7.3.3.12 Дозиметр считается прошедшим поверку, если его основная относительная погрешность при поверке,  $\delta$ , не превышает пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\pm 10$  %.

#### 7.4 Определение энергетической зависимости чувствительности дозиметра

7.4.1 Энергетическую зависимость чувствительности дозиметра определяют методом косвенных измерений произведения кермы в воздухе на площадь в полях рентгеновского излучения эталонных дозиметрических установок при проведении поверки с демонтажем или с использованием эталонного дозиметра при проведении поверки без демонтажа.

7.4.2 При определении энергетической зависимости на эталонной дозиметрической установке дозиметр устанавливается в поле рентгеновского излучения в соответствии с п. 7.3.1.3.

7.4.3 Энергетическую зависимость дозиметра определяют на режимах рентгеновского излучения RQR3, RQR7, RQR8, RQR9, RQR10 по ГОСТ Р МЭК 61276-2001 (напряжения генерирования 50 кВ, 90 кВ, 100 кВ, 120 кВ и 150 кВ соответственно).

7.4.4 Измерения выполняют при значениях произведения кермы в воздухе на площадь от 50 до 500 сГр·см<sup>2</sup>. На каждом  $j$ -ом режиме рентгеновского излучения выполняют не менее пяти измерений и вычисляют их средние арифметические значения,  $M_{(KA)j}$ .

7.4.5 Для каждого режима рентгеновского излучения определяют коэффициент чувствительности,  $k_{\varepsilon(KA)j}$ , по формуле:

$$k_{\varepsilon(KA)j} = \frac{M_{(KA)j}}{K_{0j} \cdot A}, \quad (15)$$

где  $K_{0j}$  – действительные значения кермы в воздухе на поверочной дозиметрической установке для выбранного  $j$ -го режима излучения (из свидетельства об аттестации эталона), сГр;

$A$  – площадь поперечного сечения пучка рентгеновского излучения в месте расположения ионизационной камеры дозиметра, см<sup>2</sup>.

7.4.6 Энергетическую зависимость чувствительности дозиметра,  $\delta_{\varepsilon(KA)j}$ , рассчитывают по формуле:

$$\delta_{\varepsilon(KA)j} = \frac{(k_{\varepsilon(KA)j} - k_{\varepsilon(KA)RQR8})}{k_{\varepsilon(KA)RQR8}} \cdot 100, \%, \quad (16)$$

где  $k_{\varepsilon(KA)RQR8}$  – коэффициент чувствительности для режима RQR8.

7.4.7 Для каждого режима излучения рассчитывают поправочный множитель,  $C_{(KA)j}$ , зависящий от энергии излучения:

$$C_{(KA)j} = \frac{K_{0j} \cdot A}{M_{(KA)j}}. \quad (17)$$

Полученные значения поправочных множителей нормируют к аналогичным коэффициентам для режима RQR8 и приводят в свидетельстве о поверке дозиметра.

7.4.8 При определении энергетической зависимости чувствительности дозиметра с использованием эталонного дозиметра проводят действия по п. 7.3.2.2–7.3.2.11.

7.4.9 Измерения проводят на режимах излучения с напряжением генерирования 50 кВ, 90 кВ, 100 кВ, 120 кВ и 150 кВ. При невозможности задания таких значений напряжений на рентгеновском аппарате устанавливают режимы излучения, которые обычно используют при проведении диагностических исследований на данном аппарате (3–5 режимов). Время экспозиции и анодный ток подбирают таким образом, чтобы обеспечить значения произведения мощности кермы в воздухе на площадь, близкие к полученным в соответствии с п. 7.4.8. На каждом режиме излучения выполняют не менее пяти измерений и вычисляют средние арифметические значения показаний дозиметра,  $M_{(KA)j}$ .

7.4.10 Для каждого режима рентгеновского излучения определяют коэффициент чувствительности,  $k_{\varepsilon(KA)j}$ , по формуле:

$$k_{\varepsilon(KA)j} = \frac{M_{(KA)j}}{K_{0j} \cdot A}, \quad (18)$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения пучка рентгеновского излучения в месте расположения ионизационной камеры эталонного дозиметра, см<sup>2</sup>;

$K_{0j}$  – действительное значение кермы в воздухе при заданных значениях времени экспозиции и анодного тока, сГр.

Действительные значения кермы в воздухе,  $K_{0j}$ , определяют по формуле, аналогичной формуле (9).

Значения коэффициента,  $k_1$ , зависящие от энергии рентгеновского излучения, выбирают из Таблицы 4.

Энергетическую зависимость чувствительности дозиметра,  $\delta_{\varepsilon(KA)j}$ , рассчитывают для каждого режима излучения по формуле (16).

Поправочные множители,  $C_{(KA)j}$ , рассчитывают для каждого режима излучения по формуле (17).

7.4.11 Дозиметр считается прошедшим поверку, если полученные значения энергетической зависимости чувствительности,  $\delta_{\varepsilon(KA)j}$  и  $\delta_{\varepsilon Kj}$ , не превышают  $\pm 10$  % при измерениях с ионизационной камерой типа ТА34028-1 и  $\pm 8,0$  % при измерениях с ионизационной камерой типа ТА34002.

## 8 Оформление результатов поверки

8.1 Все результаты заносятся в протокол поверки. Форма протокола поверки приведена в Приложении А.

8.2 Положительные результаты поверки дозиметра оформляются свидетельством о поверке установленной формы согласно Приложению 1 к Порядку проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утвержденному приказом Минпромторга России от 2 июля 2015 года № 1815.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

На оборотной стороне свидетельства о поверке указываются:

- режимы рентгеновского излучения, на которых проведена поверка;

- результаты поверки: основная относительная погрешность прибора в диапазоне измерений, в котором проведена поверка; при первичной поверке дополнительно указываются энергетическая зависимость и поправочные множители  $C_j$ .

8.4 Дозиметр, не прошедший первичную поверку, к обращению и выпуску из ремонта запрещается.

На дозиметр, не прошедший периодическую поверку, должно быть аннулировано свидетельство о предыдущей поверке, а владельцу выдано извещение о непригодности по установленной форме согласно Приложению 1 к Порядку проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утвержденному приказом Минпромторга России от 2 июля 2015 года № 1815.

**Протокол поверки**  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Наименование прибора, тип:

Заводской номер:

Регистрационный номер в Федеральном  
информационном фонде по обеспечению  
единства измерений:

Заказчик:

Серия и номер знака предыдущей поверки  
(если имеются):

Дата предыдущей поверки:

Вид поверки \_\_\_\_\_

Наименование нормативного документа при поверке \_\_\_\_\_

Средства поверки (наименование эталона и его регистрационный номер, тип и заводские  
номера средств измерений, применяемых при поверке) \_\_\_\_\_

Условия поверки \_\_\_\_\_

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

### 1 Внешний вид:

Внешний вид, комплектность, маркировка *соответствует (не соответствует)*  
требованиям технической документации.

Внешние повреждения прибора *отсутствуют (присутствуют)*.

Вывод: результаты поверки: *положительные (отрицательные)*.

### 2 Опробование

$Q_T =$

Результаты опробования *положительные (отрицательные)*.

### 3 Определение метрологических характеристик

#### ПРИМЕЧАНИЕ

В разделе 3.1 следует выбирать таблицы, соответствующие используемому ме-  
тоду поверки (п. 7.3.1, 7.3.2 или 7.3.3).

### 3.1 Определение основной относительной погрешности дозиметра при измерениях произведения кермы в воздухе на площадь

#### 3.1.1 Проведение поверки по п. 7.3.1

Результаты измерений и расчетов для произведения кермы в воздухе на площадь представлены в таблице А.1.

Таблица А.1

Номер поверочной точки	Показания поверяемого дозиметра, сГр·см <sup>2</sup>					Среднее арифметическое значение показаний, $M_i$ , сГр·см <sup>2</sup>	Площадь калиброванного отверстия, $A$ , см <sup>2</sup>	Действительное значение кермы в воздухе, $K_{0i}$ , сГр	Произведение, $K_{0i} \cdot A$ , сГр·см <sup>2</sup>	Основная относительная погрешность, $\delta_i$ , %
	1	2	3	4	5					
1										
2										
3										
4										

Предел основной относительной погрешности дозиметра при измерении произведения кермы в воздухе на площадь  $\pm 10$  %.

**Вывод:** результаты поверки: *положительные (отрицательные)*.

#### 3.1.2 Проведение поверки по п. 7.3.2

Результаты измерений и расчетов для произведения кермы в воздухе на площадь представлены в таблице А.2.

Таблица А.2

Номер режима излучения	Показания поверяемого дозиметра, сГр·см <sup>2</sup>					Среднее арифметическое значение показаний $M$ , сГр·см <sup>2</sup>	Площадь поперечного сечения рентгеновского пучка, $A$ , см <sup>2</sup>	Действительное значение кермы в воздухе, $K_0$ , сГр	Основная относительная погрешность, $\delta$ , %	
	1	2	3	4	5					
1 Режим излучения (максимально возможные):	время экспозиции						с	анодный ток		мА
	напряжение генерирования							кВ		
1										
2 Режим излучения (минимально возможные):	время экспозиции						с	анодный ток		мА
	напряжение генерирования							кВ		
2										
3 Режим излучения (промежуточные):	время экспозиции						с	анодный ток		мА
	напряжение генерирования							кВ		
3										
4 Режим излучения (промежуточные):	время экспозиции						с	анодный ток		мА
	напряжение генерирования							кВ		
4										

Предел основной относительной погрешности дозиметра при измерении произведения кермы в воздухе на площадь  $\pm 10$  %.

**Вывод:** результаты поверки: *положительные (отрицательные)*.

#### 3.1.3 Проведение поверки по п. 7.3.3

Результаты измерений и расчетов для произведения кермы в воздухе на площадь представлены в таблице А.3.

Таблица А.3

Номер режима излучения	Показания поверяемого измерителя, мкГр·м <sup>2</sup>					Среднее арифметическое значение показаний $M$ , мкГр·м <sup>2</sup>	Действительное значение произведения кермы в воздухе на площадь, $(K \cdot A)_0$ , мкГр·м <sup>2</sup>	Основная относительная погрешность, $\delta$ , %
	1	2	3	4	5			
1	Режим излучения (максимально возможные):					время экспозиции	с	
						анодный ток	мА	
						напряжение генерирования	кВ	
1								
2	Режим излучения (минимально возможные):					время экспозиции	с	
						анодный ток	мА	
						напряжение генерирования	кВ	
2								
3	Режим излучения (промежуточные):					время экспозиции	с	
						анодный ток	мА	
						напряжение генерирования	кВ	
3								
4	Режим излучения (промежуточные):					время экспозиции	с	
						анодный ток	мА	
						напряжение генерирования	кВ	
4								

Предел основной относительной погрешности дозиметра при измерении произведения кермы в воздухе на площадь  $\pm 10$  %.

**Вывод:** результаты поверки: *положительные (отрицательные)*.

### 3.2 Определение энергетической зависимости чувствительности дозиметра

#### 3.2.1 Проведение поверки по п. 7.4.2

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице А.4.

Таблица А.4

Код режима излучения	Показания поверяемого дозиметра, сГр·см <sup>2</sup>					Среднее арифметическое значение показаний $M_i$ , сГр·см <sup>2</sup>	Площадь калиброванного отверстия, $A$ , см <sup>2</sup>	Действительное значение кермы в воздухе, $K_{0i}$ , сГр	Коэффициент чувствительности, $k_{ej}$	Энергетическая зависимость чувствительности, $\delta_{ej}$ , %	Поправочный множитель, $C_j$
	1	2	3	4	5						
RQR3											
RQR7											
...											

Предел энергетической зависимости чувствительности дозиметра  $\pm 10$  % при измерениях с ионизационной камерой типа ТА34028-1 и  $\pm 8,0$  % при измерениях с ионизационной камерой типа ТА34002.

**Вывод:** результаты поверки: *положительные (отрицательные)*.

#### 3.3.2 Проведение поверки по п. 7.4.8

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице А.5.

Таблица А.5

Но- мер ре- жима излу- чения	Показания поверяе- мого дозиметра, сГр·см <sup>2</sup>					Среднее арифмети- ческое зна- чение пока- заний $M$ , сГр·см <sup>2</sup>	Площадь по- перечного сечения рент- геновского пучка, $A$ , см <sup>2</sup>	Действи- тельное значение кермы в воздухе, $K_0$ , сГр	Коэф- фициент чувстви- тельно- сти, $k_{ej}$	Энергети- ческая за- висимость чувстви- тельности, $\delta_{ej}$ , %	По- пра- воч- ный мно- жи- тель, $C_j$
	1	2	3	4	5						
1 Режим излучения: время экспозиции											
анодный ток											
напряжение генерирования											
1											
2 Режим излучения: время экспозиции											
анодный ток											
напряжение генерирования											
2											
3 Режим излучения: время экспозиции											
анодный ток											
напряжение генерирования											
3											

Предел энергетической зависимости чувствительности дозиметра  $\pm 10$  % при изме-  
рениях с ионизационной камерой типа ТА34028-1 и  $\pm 8,0$  % при измерениях с ионизацион-  
ной камерой типа ТА34002.

**Вывод:** результаты поверки: *положительные (отрицательные)*.

**Выдано свидетельство о поверке №** (извещение о непригодности №)

**Дата поверки:**

**Поверитель**