

**СОГЛАСОВАНО**

Генеральный директор  
ООО НПП «Доза»



А. Н. Мартынюк

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель ГЦИ СИ ФГУП  
«ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»



Н. И. Ханов

«11» ноября 2012 г.

**ДОЗИМЕТРЫ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ  
ХАРАКТЕРИСТИК РЕНТГЕНОВСКИХ АППАРАТОВ  
Piranha**

Методика поверки  
МП 2103-008-2012

Руководитель отдела  
ГЦИ СИ ФГУП

«ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»

A large, stylized handwritten signature in black ink, belonging to S. G. Trofimchuk.

С. Г. Трофимчук

«11» ноября 2012 г.

Санкт-Петербург  
2012

## Содержание

	Стр.
1 Операции поверки	3
2 Средства поверки	4
3 Требования к квалификации поверителей	5
4 Требования безопасности	6
5 Условия поверки	6
6 Подготовка к поверке	6
7 Проведение поверки	6
8 Оформление результатов поверки	14

Настоящая методика поверки распространяется на дозиметры универсальные для контроля характеристик рентгеновских аппаратов Piranha (далее по тексту – дозиметры Piranha), предназначенные для измерения:

- кермы в воздухе рентгеновского излучения;
- мощности кермы в воздухе рентгеновского излучения;
- анодного напряжения на рентгеновской трубке;
- времени экспозиции;
- анодного тока рентгеновской трубки;
- произведения анодного тока на время экспозиции;
- количества импульсов рентгеновского излучения;
- слоя половинного ослабления рентгеновского излучения;
- яркости;
- освещенности,

и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок при ввозе по импорту, после ремонта и в процессе эксплуатации.

Интервал между поверками – 2 года.

## 1 Операции поверки

1.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номера пунктов методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Опробование	7.2	да	да
Определение основной относительной погрешности при измерении кермы в воздухе	7.3.1	да	да
Определение основной относительной погрешности при измерении мощности кермы в воздухе	7.3.2	да	да
Определение основной относительной погрешности при измерении анодного напряжения на рентгеновской трубке	7.3.3	да	да
Определение относительной погрешности при измерении анодного тока	7.3.4	да	да
Определение относительной погрешности при измерении времени экспозиции	7.3.5	да	нет
Определение относительной погрешности при измерении слоя половинного ослабления (СПО)	7.3.6	да	да
Определение энергетической зависимости чувствительности	7.3.7	да	нет
Определение относительной погрешности при измерении яркости	7.3.8	да	да

Окончание таблицы 1

Наименование операции	Номера пунктов методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Определение относительной погрешности при измерении освещенности	7.3.9	да	да
Подтверждение соответствия программного обеспечения при поверке	7.4	да	да
Оформление результатов поверки	8	да	да

## 2 Средства поверки

2.1 При поверке должны применяться средства измерений и вспомогательное оборудование, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта	Наименование средства поверки и вспомогательного оборудования	Технические характеристики
7.3.1 7.3.2 7.3.3 7.3.5 7.3.6 7.3.7	Установка рентгеновская дозиметрическая – вторичный эталон по ГОСТ 8.034-82	Диапазон анодных напряжений на рентгеновской трубке 30–160 кВ; режимы излучения серии RQR и RQA по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQR-M по МЭК 61267; диапазон измерения кермы в воздухе 10 нГр–500 Гр; диапазон измерения мощности кермы в воздухе 30 нГр/с–200 мГр/с; суммарное среднее квадратическое отклонение (СКО) не более $\pm 1$ %
7.3.4	Источник постоянного тока	Диапазон воспроизведения силы постоянного тока $1 \cdot 10^{-4}$ –3 А при напряжении до 15 В; погрешность не более $\pm 0,1$ %
7.3.4	Амперметр цифровой – рабочий эталон 2-го разряда по ГОСТ 8.022-91	Диапазон измерения силы тока $1 \cdot 10^{-5}$ –10 А; погрешность не более $\pm 0,1$ %
7.3.8	Протяженный равномерный источник яркости при цветовой температуре $(2860 \pm 15)$ К совместно с фотометром (фотометрической головкой) и системами питания, стабилизации, регистрации и контроля – рабочий эталон 0-го разряда единицы яркости по ГОСТ 8.023-2003	Диапазон измерения яркости $1 \cdot 10^2$ – $1 \cdot 10^4$ кд/м <sup>2</sup> ; суммарное СКО не более $\pm 0,5$ %

Окончание таблицы 2

Номер пункта	Наименование средства поверки и вспомогательного оборудования	Технические характеристики
7.3.9	Измерительный комплекс, состоящий из пяти светоизмерительных ламп типа СИС (переменных по своему составу групп) с номинальными значениями силы света 35, 100 и 500 кд при цветовых температурах (2360±15) К, (2800±15) К, (2860±15) К и (или) из не менее трех фотометров, оптического стенда, систем питания, стабилизации, регистрации и контроля – рабочий эталон 0-го разряда единицы силы света и освещенности по ГОСТ 8.023-2003	Диапазон измерения освещенности от $1-2 \cdot 10^5$ лк; суммарное СКО не более ±0,5 %
7.3.4	Секундомер типа «Электроника ИТ-01»	Дискретность отсчета 0,01 с; погрешность за 1 мин не более ± 0,01 с
7.3	Термометр лабораторный ЛТ-18	Диапазон измерения температуры 0–40 °С; цена деления 0,1 °С
7.3	Барометр БАММ-1	Диапазон измерения атмосферного давления 80–106 кПа; погрешность измерения ±3 %
7.3	Психрометр аспирационный М-34	Диапазон измерения относительной влажности 10–100 %; погрешность измерения ±5 %
7.3	Дозиметр ДКС-АТ1121	Диапазон измерения мощности амбиентного эквивалента дозы 0,05 мкЗв/ч–10 Зв/ч; погрешность измерения ±15 %
7.3, 7.4	Компьютер	Операционная система Microsoft Windows XP, Microsoft Windows Vista или Microsoft Windows 7
7.4	Программа для подтверждения цифрового идентификатора программного обеспечения дозиметра	MD5 File Checker

2.2 Все средства поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2.3 Допускается применение других средств поверки, имеющих метрологические характеристики не хуже, чем у указанных в таблице 2.

### 3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие профессиональные знания в области дозиметрии, изучившие руководство по эксплуатации и аттестованные в качестве государственных поверителей в установленном порядке.

#### **4 Требования безопасности при проведении поверки**

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, Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТР-016-2001, действующих инструкций по мерам безопасности в поверочной лаборатории, а также требования безопасности, изложенные в соответствующих разделах технической документации на средства поверки.

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

#### **5 Условия поверки**

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура воздуха, °С	20 ± 5
атмосферное давление, кПа	101,3 ± 4
относительная влажность воздуха, %	60 ± 20
внешний фон гамма-излучения, мкЗв/ч	не более 0,2

#### **6 Подготовка к поверке**

6.1 Подготовка средств поверки и вспомогательного оборудования, необходимого для проведения поверки, должна проводиться в соответствии с нормативной технической документацией на эти средства.

#### **7 Проведение поверки**

##### **7.1 Внешний осмотр**

7.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- соответствие комплектности дозиметров Piranha требованиям руководства по эксплуатации в объеме, необходимом для поверки;
- наличие свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
- отсутствие механических повреждений и дефектов на дозиметрах Piranha, которые могут повлиять на работоспособность и метрологические характеристики приборов.

##### **7.2 Опробование**

7.2.1 При опробовании дозиметров Piranha необходимо проверить в соответствии с руководством по эксплуатации:

- действие органов управления дозиметров Piranha;
- работоспособность источников питания;
- прохождение тестовых установочных команд при включении и отсутствие сигналов об ошибках.

##### **7.3 Определение (контроль) метрологических характеристик**

###### **7.3.1 Определение основной относительной погрешности при измерении кермы в воздухе**

Проверку основной относительной погрешности дозиметров Piranha при измерении кермы в воздухе проводят на дозиметрических установках рентгеновского излучения – вторичных эталонах по ГОСТ 8.034-82 с режимами излучения серий RQR, RQA по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQR-M по МЭК 61267 в последовательности, указанной ниже.

7.3.1.1 Размещают дозиметр Piranha на эталонной дозиметрической установке рентгеновского излучения таким образом, чтобы центральная ось коллимированного пучка рентгеновского излучения эталонной установки проходила через центр чувствительной области

дозиметра Piranha, отмеченный на его передней панели, а размер сечения пучка в плоскости, перпендикулярной оси пучка и проходящей через центр чувствительной области дозиметра Piranha, полностью перекрывал чувствительную область дозиметра. Центр чувствительной области дозиметра Piranha располагается на глубине 10 мм от края передней панели дозиметра, что обозначено рисками с двух сторон корпуса дозиметра.

При проведении поверки дозиметра Piranha с внешним детектором Piranha Dose Probe, детектор размещают таким образом, чтобы центральная ось коллимированного пучка рентгеновского излучения эталонной установки проходила через центр чувствительной области детектора Piranha Dose Probe, отмеченный на его передней панели, а размер сечения пучка в плоскости, перпендикулярной оси пучка и проходящей через центр чувствительной области детектора, полностью перекрывал его чувствительную область. Центр чувствительной области детектора располагается на глубине 2 мм от края передней поверхности детектора.

7.3.1.2 При поверке модификаций дозиметров Piranha, используемых для контроля рентгенографических и рентгеноскопических (далее – R/F) и дентальных (далее – DENT) рентгеновских аппаратов, поверку проводят на режиме рентгеновского излучения RQR5 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 «Аппараты рентгеновские диагностические. Условия излучения при определении характеристик» при напряжении генерирования рентгеновской трубки с вольфрамовым анодом 70 кВ, полной фильтрации 2,5 мм Al и первом слое половинного ослабления 2,5 мм Al.

При поверке модификаций дозиметров Piranha, используемых для контроля маммографических рентгеновских аппаратов (далее – MAM), поверку проводят на режиме рентгеновского излучения RQR-M2 по МЭК 61267 «Аппараты рентгеновские диагностические. Условия излучения при определении характеристик» при напряжении генерирования рентгеновской трубки с молибденовым анодом 28 кВ, полной фильтрации 30 мкм Mo и первом слое половинного ослабления 0,31 мм Al.

При поверке модификаций дозиметров Piranha, используемых с внешним детектором Piranha Dose Probe, поверку внешнего детектора проводят на режиме RQA5 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжении генерирования рентгеновской трубки с вольфрамовым анодом 70 кВ, полной фильтрации 23,5 мм Al и первом слое половинного ослабления 7,1 мм Al.

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

7.3.1.3 При поверке модификаций дозиметров Piranha для R/F и DENT, поверку по керме в воздухе выполняют в пяти точках диапазона измерений со значениями кермы в воздухе 1–10 мкГр, 100–500 мкГр, 10–50 мГр, 1–5 Гр и 50–500 Гр при значениях мощности кермы в воздухе 10 мкГр/с–200 мГр/с.

При поверке модификаций дозиметров Piranha для MAM, поверку по керме в воздухе выполняют в пяти точках диапазона измерений со значениями кермы в воздухе 5–10 мкГр, 10–30 мГр, 100–200 мГр, 1–5 Гр и 100–500 Гр при значениях мощности кермы в воздухе 10 мкГр/с–200 мГр/с.

При поверке модификаций дозиметров Piranha, используемых с внешним детектором Piranha Dose Probe, поверку внешнего детектора выполняют в пяти точках диапазона измерений со значениями кермы в воздухе 10–50 нГр, 10–50 мкГр, 100–500 мкГр, 10–50 мГр и 50–100 Гр при значениях мощности кермы в воздухе 20 нГр/с–60 мГр/с.

7.3.1.4 В каждой поверочной точке выполняют не менее трех измерений кермы в воздухе,  $M_{Kij}$ . Вычисляют их среднее арифметическое значение  $\overline{M}_{Kj}$ :

$$\overline{M}_{Kj} = \sum_{i=1}^n \frac{M_{Kij}}{n}. \quad (1)$$

7.3.1.5 Рассчитывают значение доверительной границы основной относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении кермы в воздухе при доверительной вероятности  $p = 0,95$ :

$$\delta_K = 1,1\sqrt{\Delta_K^2 + \delta_o^2}, \% \quad (2)$$

где  $\delta_o$  – погрешность эталонного значения кермы в воздухе (из свидетельства на эталонную установку), %;

$\Delta_K = \frac{\bar{M}_{Kj\max} - K_{oj}}{K_{oj}} \cdot 100$  – относительная погрешность показаний дозиметра Piranha при из-

мерении кермы в воздухе в  $j$ -ой поверочной точке, %;

$K_{oj}$  – эталонное значение кермы в воздухе в  $j$ -ой поверочной точке, Гр;

$\bar{M}_{Kj\max}$  – среднее арифметическое значение показаний прибора при измерении кермы в воздухе в  $j$ -ой поверочной точке, максимально удаленное от эталонного, Гр.

7.3.1.6 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении кермы в воздухе,  $\delta_K$ , не превышают пределов основной относительной погрешности:  $\pm 15\%$  в диапазоне 15 нГр–1,5 мкГр и  $\pm 5\%$  в диапазоне 1,5 мкГр–1000 Гр для R/F, DENT;  $\pm 5\%$  для MAM;  $\pm 5\%$  с внешним детектором Piranha Dose Probe.

### 7.3.2 Определение основной относительной погрешности при измерении мощности кермы в воздухе

Проверку основной относительной погрешности дозиметров Piranha при измерении мощности кермы в воздухе проводят на дозиметрических установках рентгеновского излучения – вторичных эталонах по ГОСТ 8.034-82 с режимами излучения серий RQR, RQA по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQR-M по МЭК 61267 в последовательности, указанной ниже.

7.3.2.1 Размещают дозиметр Piranha или внешний детектор Piranha Dose Probe на эталонной дозиметрической установке рентгеновского излучения в соответствии с п. 7.3.1.1.

При поверке модификаций дозиметров Piranha, используемых с внешним детектором CT Dose Profiler, детектор размещают таким образом, чтобы центральная ось коллимированного пучка рентгеновского излучения эталонной установки проходила через центр чувствительной области детектора CT Dose Profiler, отмеченный риской на поверхности детектора. Центр чувствительной области детектора располагается на оси детектора. Ось детектора должна быть перпендикулярна оси пучка рентгеновского излучения.

7.3.2.2 При поверке модификаций дозиметров Piranha для R/F, DENT, MAM, а также используемых с внешним детектором Piranha Dose Probe, поверку следует проводить на режимах рентгеновского излучения, указанных в п. 7.3.1.2.

При поверке модификаций дозиметров Piranha, используемых с внешним детектором CT Dose Profiler, поверку внешнего детектора проводят на режиме RQR9 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжении генерирования рентгеновской трубки с вольфрамовым анодом 120 кВ, полной фильтрации 2,5 мм Al и первом слое половинного ослабления 4,5 мм Al.

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

7.3.2.3 При поверке модификаций дозиметров Piranha для R/F и DENT поверку по мощности кермы в воздухе выполняют в четырех точках диапазона измерений со



значениями мощности кермы в воздухе 30–100 нГр/с, 30–100 мкГр/с, 3–10 мГр/с и 50–300 Гр/с.

При поверке модификаций дозиметров Piranha для МАМ, поверку по керме в воздухе выполняют в четырех точках диапазона измерений со значениями кермы в воздухе 30–100 нГр/с, 30–100 мкГр/с, 3–10 мГр/с и 100–300 мГр/с.

При поверке модификаций дозиметров Piranha, используемых с внешним детектором Piranha Dose Probe, поверку внешнего детектора выполняют в пяти точках диапазона измерений со значениями кермы в воздухе 10–30 нГр/с, 100–300 нГр/с, 1–3 мкГр/с, 100–300 мкГр/с и 10–60 мГр/с.

При поверке модификаций дозиметров Piranha, используемых с внешним детектором СТ Dose Profiler, поверку внешнего детектора выполняют в пяти точках диапазона измерений со значениями кермы в воздухе 100–300 нГр/с, 10–30 мкГр/с, 100–300 мкГр/с, 10–30 мГр/с и 100–500 мГр/с.

7.3.2.4 В каждой поверочной точке выполняют не менее трех измерений мощности кермы в воздухе,  $M_{\dot{K}ij}$ . Вычисляют их среднее арифметическое значение  $\overline{M}_{\dot{K}j}$ :

$$\overline{M}_{\dot{K}j} = \sum_{i=1}^n \frac{M_{\dot{K}ij}}{n}. \quad (3)$$

7.3.2.5 Рассчитывают значение доверительной границы основной относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении мощности кермы в воздухе при доверительной вероятности  $p = 0,95$ :

$$\delta_{\dot{K}} = 1,1 \sqrt{\Delta_{\dot{K}}^2 + \delta_o^2}, \% \quad (4)$$

где  $\delta_o$  – погрешность эталонного значения мощности кермы в воздухе (из свидетельства на эталонную установку), %;

$\Delta_{\dot{K}} = \frac{\overline{M}_{\dot{K}j \max} - \dot{K}_{oj}}{\dot{K}_{oj}} \cdot 100$  – относительная погрешность показаний дозиметра при измерении

мощности кермы в воздухе в  $j$ -ой поверочной точке, %;

$\dot{K}_{oj}$  – эталонное значение кермы в воздухе в  $j$ -ой поверочной точке, Гр/с;

$\overline{M}_{\dot{K}j \max}$  – среднее арифметическое значение показаний прибора при измерении мощности кермы в воздухе в  $j$ -ой поверочной точке, максимально удаленное от эталонного, Гр/с.

7.3.2.6 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении мощности кермы в воздухе,  $\delta_{\dot{K}}$ , не превышают пределов основной относительной погрешности:  $\pm 5\%$  или  $\pm 7$  нГр/с для R/F, DENT;  $\pm 5\%$  для МАМ;  $\pm 5\%$  с внешними детекторами Piranha Dose Probe и СТ Dose Profiler.

### 7.3.3 Определение относительной погрешности при измерении анодного напряжения рентгеновской трубки

Проверку основной относительной погрешности дозиметра Piranha проводят на дозиметрических рентгеновских – вторичных эталонах по ГОСТ 8.034-82 с режимами излучения серии RQR по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQR-М по МЭК 61267 в последовательности, указанной ниже.

7.3.3.1 Выполняют действия по п. 7.3.1.1.

7.3.3.2 При поверке модификаций дозиметров Piranha для R/F поверку проводят на режимах RQR2–RQR10 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при анодных напряжениях на рентгеновской трубке 40 кВ, 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ, 120 кВ и 150 кВ.

При поверке модификаций дозиметров Piranha для DENT поверку проводят на режимах RQR2–RQR8 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при анодных напряжениях на рентгеновской трубке 40 кВ, 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ и 100 кВ.

При поверке модификаций дозиметров Piranha для МАМ поверку проводят на режимах RQR-M1–RQR-M4 по МЭК 61267 при анодных напряжениях на рентгеновской трубке 25 кВ, 28 кВ, 30 кВ, и 35 кВ.

7.3.3.3 В каждой поверочной точке выполняют не менее трех измерений практического пикового анодного напряжения на рентгеновской трубке и вычисляют их среднее арифметическое значение,  $\bar{U}_{PPVj}$ , кВ, по формуле, аналогичной (1).

7.3.3.4 Рассчитывают значение доверительной границы основной относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении анодного напряжения при доверительной вероятности  $p = 0,95$ :

$$\delta_U = 1,1 \sqrt{\Delta_U^2 + \delta_{U_o}^2}, \% \quad (5)$$

где  $\delta_{U_o}$  – погрешность эталонного значения анодного напряжения рентгеновской трубки (из свидетельства на эталонную установку), %;

$\Delta_U = \frac{\bar{U}_{PPVj \max} - U_{oj}}{U_o} \cdot 100$  – относительная погрешность показаний дозиметра Piranha при

измерении анодного напряжения, %;

$U_{oj}$  – эталонное значение напряжения на аноде рентгеновской трубки, кВ;

$\bar{U}_{PPVj \max}$  – среднее арифметическое значение показаний прибора при измерении анодного напряжения в  $j$ -ой поверочной точке, максимально удаленное от эталонного значения, кВ.

7.3.3.5 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении анодного напряжения на рентгеновской трубке,  $\delta_U$ , не превышают пределов основной относительной погрешности:  $\pm 2,5$  % для R/F, DENT;  $\pm 2$  % или  $\pm 0,7$  кВ для МАМ.

#### 7.3.4 Определение относительной погрешности при измерении анодного тока

Проверку относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении анодного тока проводят методом прямых измерений с использованием источника постоянного тока и амперметра – рабочего эталона 2-го разряда по ГОСТ 8.022-91 в последовательности, указанной ниже.

7.3.4.1 При использовании дозиметра Piranha с внешним детектором Piranha MAS-1B подключают детектор с помощью входящих в его комплект проводников к выходным клеммам источника постоянного тока, соблюдая полярность. В разрыв цепи между источником постоянного тока и дозиметром Piranha включают эталонный амперметр.

При использовании дозиметра Piranha с внешним детектором Piranha MAS-2 подключают токовые клещи детектора к измерительному проводнику, соединенному с источником постоянного тока и эталонным амперметром, с учетом направления тока в проводнике.

7.3.4.2 Переводят источник тока в соответствии с его руководством по эксплуатации в режим генерации постоянного тока. Поверку дозиметра Piranha с внешним детектором Piranha MAS-1B проводят при семи эталонных значениях силы тока 0,2 мА, 2 мА, 20 мА, 200 мА, 1000 мА, 2000 мА и 2700 мА.

Поверку дозиметра Piranha с внешним детектором Piranha MAS-2 проводят при семи эталонных значениях силы тока 12 мА, 40 мА, 200 мА, 1000 мА, 2000 мА, 3000 мА и 3900 мА. Эталонные значения силы тока измеряют с помощью эталонного амперметра.

7.3.4.3 В каждой поверочной точке выполняют не менее пяти измерений силы тока. Вычисляют их среднее арифметическое значение,  $\bar{I}_j$ , по формуле, аналогичной (1).

7.3.4.4 Рассчитывают значение доверительной границы относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении анодного тока, при доверительной вероятности  $p = 0,95$ :

$$\delta_I = 1,1 \sqrt{\Delta_I^2 + \delta_{I_o}^2}, \quad (6)$$

где  $\delta_{I_o}$  – погрешность эталонного значения силы тока (из свидетельства на калибратор), %;

$$\Delta_I = \frac{\bar{I}_{j \max} - I_{oj}}{I_{oj}} \cdot 100 - \text{относительная погрешность показаний дозиметра Piranha при}$$

измерении силы тока в  $j$ -ой точке, %;

$I_{oj}$  – эталонное значение силы тока в  $j$ -ой точке, мА;

$\bar{I}_{j \max}$  – среднее арифметическое значение показаний прибора при измерении анодного тока в  $j$ -ой поверочной точке, максимально удаленное от эталонного значения, А.

7.3.4.5 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значения доверительных границ относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении анодного тока,  $\delta_I$ , не превышают допустимых пределов относительной погрешности:  $\pm 1\%$  или  $\pm 0,01$  мА при измерениях с внешним детектором Piranha MAS-1B и  $\pm 5\%$  или  $\pm 2$  мА при измерениях с внешним детектором Piranha MAS-2.

### 7.3.5 Определение относительной погрешности при измерении времени экспозиции

Проверку относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении времени экспозиции проводят на дозиметрических рентгеновских установках – вторичных эталонах по ГОСТ 8.034-82 с режимами излучения серии RQR, RQA по ГОСТ Р МЭК 61267-2001, RQR-М по МЭК 61267-2001 и секундомера в последовательности, указанной ниже.

7.3.5.1 Выполняют действия по п. 7.3.1.1.

7.3.5.2 Выполняют четыре измерения кермы в воздухе при времени экспозиции от 1 до 1200 с, измеряя одновременно с помощью дозиметра Piranha и секундомера время экспозиции.

7.3.5.3 Регистрируют показания дозиметра при измерении времени экспозиции,  $t_i$ , и показания секундомера,  $t_{oi}$ , с.

7.3.5.4 Рассчитывают значение доверительной границы относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении времени экспозиции, при доверительной вероятности  $p = 0,95$ :

$$\delta_t = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_o^2 + \Delta_t^2}, \quad (7)$$

где  $\delta_o$  – погрешность измерения эталонного значения времени (из свидетельства о поверке секундомера), %;

$$\Delta_t = \frac{t_{i \max} - t_o}{t_o} \cdot 100, \% - \text{относительная погрешность показаний дозиметра Piranha при изме-}$$

рении времени экспозиции, %;

$t_{oi}$  – эталонное значение времени экспозиции, с;

$t_{i \max}$  – показание прибора, максимально удаленное от эталонного значения, с.

7.3.5.5 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значения доверительных границ относительной погрешности дозиметра Piranha при измерении времени экспозиции,  $\delta_t$ , не превышают допустимых пределов  $\pm 1\%$  или  $\pm 0,5$  мс.

### 7.3.6 Определение относительной погрешности при измерении слоя половинного ослабления (СПО)

Проверку относительной погрешности дозиметров Piranha при измерении слоя половинного ослабления в диапазоне измерений проводят на дозиметрических рентгеновских установках – вторичных эталонах по ГОСТ Р 8.034-82 с режимами излучения серии RQR и RQA по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 в последовательности, указанной ниже.

7.3.6.1 Выполняют действия по п. 7.3.1.1.

7.3.6.2 При поверке модификаций дозиметров Piranha для R/F, поверку проводят на режимах рентгеновского излучения RQR2–RQR9 и RQA3–RQA9 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжениях генерирования на рентгеновской трубке 40 кВ, 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ, и 120 кВ.

При поверке модификаций дозиметров Piranha для DENT, поверку проводят на режимах рентгеновского излучения RQR2–RQR8 и RQA3–RQA8 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжениях генерирования на рентгеновской трубке 40 кВ, 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ и 100 кВ.

При поверке модификаций дозиметров Piranha для MAM, поверку проводят на режимах рентгеновского излучения RQR-M1–RQR-M4 и RQA-M1–RQA-M4 по МЭК 61267 при напряжениях генерирования на рентгеновской трубке 25 кВ, 28 кВ, 30 кВ и 35 кВ.

7.3.6.3 Относительную погрешность дозиметра Piranha при измерении слоя половинного ослабления,  $\Delta_{HVL}$ , вычисляют по формуле:

$$\Delta_{HVL} = \frac{|HVL - HVL_0|}{HVL_0} \cdot 100, \% \quad (8)$$

где  $HVL_0$  – действительное значение слоя половинного ослабления, мм Al (из технической документации на эталонную установку);

$HVL$  – показания дозиметра при измерении слоя половинного ослабления, мм Al.

7.3.6.4 Результат поверки дозиметра Piranha считается положительным, если относительная погрешность измерения слоя половинного ослабления,  $\Delta_{HVL}$ , в диапазоне измерений не превышает пределов погрешности:  $\pm 7\%$  или  $\pm 0,2$  мм Al для R/F, DENT;  $\pm 10\%$  для MAM.

### 7.3.7 Определение энергетической зависимости чувствительности

Проверку энергетической зависимости чувствительности дозиметров Piranha проводят на дозиметрических рентгеновских установках – вторичных эталонах по ГОСТ Р 8.034-82 с режимами излучения серии RQR, RQA по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQR-M по МЭК 61267 в последовательности, указанной ниже.

7.3.7.1 Выполняют действия по п. 7.3.1.1.

7.3.7.2 При поверке модификаций дозиметров Piranha для R/F, определение энергетической зависимости чувствительности проводят на режимах рентгеновского излучения RQR2–RQR10 и RQA3–RQA10 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжениях генерирования на рентгеновской трубке 40 кВ, 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ, 120 кВ и 150 кВ, относительно режимов RQR5 и RQA5.

При поверке модификаций дозиметров Piranha для DENT, определение энергетической зависимости чувствительности проводят на режимах рентгеновского излучения RQR2–RQR8 и RQA3–RQA8 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжениях генерирования на

рентгеновской трубке 40 кВ, 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ и 100 кВ, относительно режимов RQR5 и RQA5.

При поверке модификаций дозиметров Piranha для МАМ, определение энергетической зависимости чувствительности проводят на режимах рентгеновского излучения RQR-M1–RQR-M4 и RQA-M1–RQA-M4 по МЭК 61267 при напряжениях генерирования на рентгеновской трубке 25 кВ, 28 кВ, 30 кВ и 35 кВ, относительно режимов RQR-M2 и RQA-M2.

При поверке модификаций дозиметров Piranha, используемых с внешним детектором Piranha Dose Probe, определение энергетической зависимости чувствительности внешнего детектора проводят на режимах RQA3–RQA10 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжениях генерирования на рентгеновской трубке 40 кВ, 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ, 120 кВ и 150 кВ, относительно режим RQA5.

При поверке модификаций дозиметров Piranha, используемых с внешним детектором CT Dose Profiler, определение энергетической зависимости чувствительности внешнего детектора проводят на режимах RQR7–RQA10 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжениях генерирования на рентгеновской трубке 90 кВ, 100кВ, 120 кВ и 150 кВ, относительно режима RQR9.

7.3.7.3 Поверку производят при значениях мощности кермы в воздухе 1–10 мГр/с (режимы серий RQR, RQR-M) и 0,1–0,5 мГр/с (режимы серии RQA). В каждой точке выполняют не менее трех измерений мощности кермы в воздухе и вычисляют их среднее арифметическое значение,  $\bar{M}_{Kj}$ , по формуле (3).

7.3.7.4 Для каждого режима рентгеновского излучения определяют коэффициент чувствительности,  $k_{ej}$ , по формуле:

$$k_{ej} = \frac{\bar{M}_{Kj}}{\dot{K}_{oj}}, \quad (9)$$

где  $\dot{K}_{oj}$  – эталонное значение мощности кермы в воздухе для выбранного режима излучения.

7.3.7.5 Энергетическую зависимость чувствительности дозиметра,  $\delta_{ej}$ , рассчитывают по формулам:

$$\delta_{ej} = \frac{(k_{ej} - k_{\epsilon})}{k_{\epsilon}} \cdot 100, \%, \quad (10)$$

где  $k_{\epsilon}$  – коэффициенты чувствительности для режимов, указанных в п. 7.3.7.2, относительно которых производится определение энергетической зависимости.

7.3.7.6 Дозиметр Piranha считается прошедшим проверку, если полученные значения энергетической зависимости чувствительности,  $\delta_{ej}$ , не превышают допустимых пределов  $\pm 7\%$  для R/F, DENT;  $\pm 5\%$  для МАМ;  $\pm 10\%$  при измерениях с внешним детектором Piranha Dose Probe;  $\pm 7\%$  при измерениях с внешним детектором CT Dose Profiler.

### 7.3.8 Определение относительной погрешности при измерении яркости

Проверку основной относительной погрешности дозиметра Piranha с внешним детектором Piranha Light Probe при измерении яркости проводят с использованием протяженного равномерного источника яркости при цветовой температуре  $(2860 \pm 15)$  К совместно с фотометром (фотометрической головкой) и системами питания, стабилизации, регистрации и контроля – рабочего эталона 0-го разряда единицы яркости по ГОСТ 8.023-2003. Поверка производится методом сличения при помощи компаратора в соответствии с ГОСТ Р 8.665-2009.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если значения доверительных границ относительной погрешности дозиметра Piranha с внешним детектором Piranha Light Probe при измерении яркости не превышают допустимых пределов  $\pm 5\%$  или  $\pm 6$  мкд/м<sup>2</sup>.

### 7.3.9 Определение относительной погрешности при измерении освещенности

Проверку основной относительной погрешности дозиметра Piranha с внешним детектором Piranha Light Probe при измерении освещенности проводят с использованием измерительного комплекса, состоящего из пяти светоизмерительных ламп типа СИС (переменных по своему составу групп) с номинальными значениями силы света 35, 100 и 500 кд при цветовых температурах  $(2360 \pm 15)$  К,  $(2800 \pm 15)$  К,  $(2860 \pm 15)$  К и (или) из не менее трех фотометров, оптического стенда, систем питания, стабилизации, регистрации и контроля – рабочего эталона 0-го разряда единицы силы света и освещенности по ГОСТ 8.023-2003. Поверка производится методом сличения при помощи компаратора в соответствии с ГОСТ Р 8.665-2009.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если значения доверительных границ относительной погрешности дозиметра Piranha с внешним детектором Piranha Light Probe при измерении яркости не превышают допустимых пределов  $\pm 5\%$  или  $\pm 0,2$  млк.

## 7.4 Подтверждение соответствия программного обеспечения при поверке

7.4.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) состоит из следующих этапов:

- проверка наличия и соответствия идентификационных наименований программных модулей ПО Ocean;

- определение номера версии (идентификационного номера) ПО;

- определение цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода)

ПО.

7.4.2 Проверка наличия и соответствия идентификационных наименований программных модулей ПО Ocean: в каталоге C:\Program Files\RTI Electronics\Ocean\ проверяется наличие следующего программного модуля ПО: Ocean.exe.

7.4.3 Определение номера версии ПО Ocean выполняется в программном модуле с помощью Windows Explorer (щелчок правой кнопкой мыши на иконке программного модуля, во всплывающем меню выбрать пункт «Свойства»).

7.4.4 Определение цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода) ПО Ocean проводится вычислением цифрового идентификатора – контрольной суммы по методу MD5 с помощью внешней программы стороннего разработчика (например, MD5 File Checker).

7.4.5 Определенные при первичной поверке номер версии и цифровой идентификатор заносят в свидетельство о первичной поверке. Соответствие при периодической поверке подтверждается сравнением номера версии и вычисленного цифрового идентификатора с указанными значениями в свидетельстве о первичной поверке.

## 8 Оформление результатов поверки

8.1 Все результаты заносятся в протокол поверки произвольной формы.

8.2 На дозиметры Piranha, прошедшие поверку с положительным результатом, выдается свидетельство о поверке по установленной в ПР 50.2.006-94 форме. На свидетельство наносится оттиск поверительного клейма.

8.3 На оборотной стороне свидетельства о поверке указывается:

- режимы рентгеновского излучения, на которых проведена поверка;

- диапазоны измерений дозиметра Piranha, в пределах которых проведена поверка;

- результаты поверки.

8.4 На дозиметры Piranha, прошедшие поверку с отрицательным результатом, выдается извещение о непригодности по установленной в ПР 50.2.006-94 форме с указанием причин непригодности.

Приборы, прошедшие поверку с отрицательным результатом, в обращение не допускаются, свидетельство на них аннулируется.