

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

УТВЕРЖДАЮ

И. о. директора ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»

А. Н. Пронин

М. «27» декабря 2017 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Дозиметры универсальные для контроля характеристик
рентгеновских аппаратов NOMEX Multimeter**

Методика поверки

МП 2103-001-2017

Руководитель отдела измерений
ионизирующих излучений

С. Г. Трофимчук

Старший научный сотрудник

А. Ю. Виллевальде

Санкт-Петербург
2017

Настоящая методика поверки распространяется на Дозиметры универсальные для контроля характеристик рентгеновских аппаратов NOMEX Multimeter (далее дозиметры NOMEX Multimeter), предназначенные для измерений:

- кермы в воздухе;
- мощности кермы в воздухе;
- анодного напряжения на рентгеновской трубке;
- времени экспозиции;
- слоя половинного ослабления рентгеновского излучения;
- полной фильтрации.

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

Периодической поверке подлежат дозиметры NOMEX Multimeter, находящиеся в эксплуатации.

Интервал между поверками – 2 года.

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.

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	Номера пунктов методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Опробование	7.2	да	да
Подтверждение соответствия программного обеспечения	7.3	да	да
Определение метрологических характеристик	7.4		
Определение основной относительной погрешности при измерениях кермы в воздухе	7.4.1	да	да
Определение основной относительной погрешности при измерениях мощности кермы в воздухе	7.4.2	да	да
Определение погрешности при измерениях анодного напряжения на рентгеновской трубке	7.4.3	да	да
Определение погрешности при измерениях времени экспозиции	7.4.4	да	нет

Наименование операции	Номера пунктов методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Определение погрешности при измерениях слоя половинного ослабления (СПО)	7.4.5	да	да
Определение погрешности при измерениях полной фильтрации	7.4.6	да	да
Определение энергетической зависимости чувствительности	7.4.7	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	Наименование средства поверки и вспомогательного оборудования	Технические характеристики
7.4.1–7.4.7	Вторичный эталон единиц кермы в воздухе и мощности кермы в воздухе по ГОСТ 8.034–2012 – дозиметрическая эталонная установка с коллимированными полями рентгеновского излучения на основе рентгеновских аппаратов	<p>Диапазон анодных напряжений на рентгеновской трубке 20–160 кВ. Режимы излучения серий RQR, RQA по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQT, RQR-M по IEC 61267-2005 «Medical diagnostic X-ray equipment - Radiation conditions for use in the determination of characteristics».</p> <p>Диапазон кермы в воздухе $5 \cdot 10^{-5}$–10 Гр. Диапазон мощности кермы в воздухе $5 \cdot 10^{-6}$–1 Гр/с.</p> <p>Средние квадратические отклонения суммарной погрешности результатов измерений кермы в воздухе и мощности кермы в воздухе $S_{\Sigma 0}$ 0,6–0,9 %.</p> <p>Диапазон слоев половинного ослабления 0,2–15 мм Al. Диапазон полной фильтрации 0,2–50 мм Al</p>
7.4.3	Рабочий эталон третьего разряда по МИ 2156-91 – рентгеноспектрометрическая установка или рентгеновская установка с делителем напряжения	<p>Диапазон анодных напряжений на рентгеновской трубке 20–160 кВ. Режимы излучения серии RQR по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQR-M по IEC 61267-2005 «Medical diagnostic X-ray equipment - Radiation conditions for use in the determination of characteristics».</p> <p>Погрешность измерения анодного напряжения не более $\pm 0,5$ %</p>

Номер пункта	Наименование средства поверки и вспомогательного оборудования	Технические характеристики
7.4.1, 7.4.4	Секундомер ИНТЕГРАЛ С-01	Дискретность отсчета 0,01с; погрешность $\pm(9,6 \cdot 10^{-6}T_x + 0,01)$ с
7	Термометр лабораторный ЛТ-18	Диапазон измерения температуры 0–40 °С; цена деления 0,1 °С
7	Метеометр	Диапазон измерений давления 80-110 кПа; погрешность $\pm 0,8$ кПа. Диапазон измерений влажности 0-98 %; погрешность ± 3 %
7	Дозиметр ДКС-АТ1123	Диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы 0,05 мкЗв/ч– 10 Зв/ч; погрешность ± 15 %
7.2–7.4	Компьютер	ОС Windows XP Professional / Windows Vista Business x32/x64 / Windows 7 Professional x32/x64 с последними обновлениями; Процессор Pentium IV, не менее 2 ГГц или аналогичный; ОЗУ не менее 2 Гб; не менее 400 Мб свободного места на жестком диске; ПО MS Internet Explorer 8.0 или выше; Adobe reader 7.0 или выше; Microsoft Excel
7.3	MD5 File Checker	ПО для расчета контрольной суммы испол- няемого кода

3 Требования к квалификации поверителей

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

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

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20 ± 5 ;
- относительная влажность воздуха, % 60 (–30; +20);
- атмосферное давление, кПа 101,3 (–15,3; +5,4);
- внешний радиационный фон

(мощность AMBIENTНОГО 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 NOMEX Multimeter (далее РЭ);
- подготовить дозиметр NOMEX Multimeter 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

7.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

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

7.2 Опробование

7.2.1 При опробовании дозиметров NOMEX Multimeter необходимо проверить в соответствии с РЭ: работоспособность дозиметра; отсутствие сообщений об ошибках.

7.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

7.3.1 Подтверждение соответствия встроенного и внешнего программного обеспечения (ПО) дозиметра NOMEX Multimeter включает для встроенного ПО – проверку номера версии; для внешнего ПО – проверку идентификационного наименования ПО; проверку номера версии (идентификационного номера) ПО; проверку цифрового идентификатора ПО (контрольной суммы исполняемого кода).

7.3.2 Номер версии встроенного ПО отображается во вкладке внешнего ПО «Настройка/Multimeter Инфо».

7.3.3 Идентификационное наименование и номер версии внешнего ПО отображаются во вкладке меню «Помощь», обозначенной символом «?».

Определение цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода) ПО производят посредством подсчета контрольной суммы исполняемого кода Nomex.exe по методу MD5 с помощью внешней программы стороннего разработчика (например, MD5 File Checker).

7.3.4 Результат подтверждения соответствия ПО дозиметра NOMEX Multimeter считается положительными, если полученные идентификационные данные соответствуют идентификационным данным, указанным в таблице 3 (с учетом и примечаний) и на обороте Свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке).

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
	Встроенное ПО	Внешнее ПО
Наименование	-	PTW-NOMEX
Обозначение	-	NOMEX

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
	Встроенное ПО	Внешнее ПО
Идентификационное наименование ПО	-	NOMEX (имя исполняемого файла Nomex.exe)
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.12 ¹⁾	2.0.1.0 ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО	-	5763368B344132E1B 6AF0EA7B8228505 ²⁾
Алгоритм вычисления идентификатора ПО	-	MD5
¹⁾ Номер версии не ниже указанного в таблице ²⁾ Контрольная сумма файла относится к текущей версии программного обеспечения		

7.4 Определение метрологических характеристик

7.4.1 Определение основной относительной погрешности при измерениях кермы в воздухе

Определение основной относительной погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях кермы в воздухе проводят на эталонных установках рентгеновского излучения с режимами излучения серий RQR по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQT, RQR-M по МЭК 61267 в последовательности, указанной ниже.

7.4.1.1 Размещают дозиметр NOMEX Multimeter на эталонной дозиметрической установке рентгеновского излучения таким образом, чтобы центральная ось коллимированного пучка рентгеновского излучения проходила через центр чувствительной области дозиметра NOMEX Multimeter, находящийся в центре круга на передней панели дозиметра, а размер сечения пучка в плоскости, перпендикулярной оси пучка и проходящей через центр чувствительной области дозиметра NOMEX Multimeter, полностью перекрывал чувствительную область дозиметра. Центр чувствительной области дозиметра NOMEX Multimeter располагается на глубине $(4,7 \pm 0,5)$ мм от края передней панели дозиметра.

7.4.1.2 Определение основной относительной погрешности на режиме работы RAD/FLU/DENT проводят на режиме рентгеновского излучения RQR5 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 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.

Определение основной относительной погрешности на режиме работы CT проводят на режиме рентгеновского излучения RQT9 по МЭК 61267 при напряжении генерирования рентгеновской трубки с вольфрамовым анодом 120 кВ, полной фильтрации 2,5 мм Al и первом слое половинного ослабления 3,91 мм Al.

Определение основной относительной погрешности на режиме работы МАМ проводят на режиме рентгеновского излучения RQR-M2 по МЭК 61267 при напряжении генерирования рентгеновской трубки с молибденовым анодом 28 кВ, полной фильтрации 30 мкм Mo и первом слое половинного ослабления 0,32 мм Al.

7.4.1.3 Определение основной относительной погрешности при измерениях кермы в воздухе на режиме работы RAD/FLU/DENT выполняют в трех точках диапазона измерений со значениями кермы в воздухе 0,4–10 мГр, 40–100 мГр, 400–2000 мГр при значениях мощности кермы в воздухе 0,1–100 мГр/с.

Определение основной относительной погрешности при измерениях кермы в воздухе на режиме работы CT выполняют в точке диапазона измерений со значением кермы в воздухе 40–100 мГр при значении мощности кермы в воздухе 0,1–10 мГр/с.

Определение основной относительной погрешности на режиме работы МАМ при измерениях кермы в воздухе выполняют в точке диапазона измерений со значением кермы в воздухе 40–100 мГр при значениях мощности кермы в воздухе 0,1–10 мГр/с.

7.4.1.4 В каждой точке выполняют не менее пяти измерений кермы в воздухе K_i . Вычисляют их средние арифметические значения:

$$\overline{M}_K = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{n}. \quad (1)$$

7.4.1.5 Для каждой точки оценивают средние квадратические отклонения результатов измерений по формуле:

$$S(\overline{M}_K) = \frac{100}{\overline{M}_K} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - \overline{M}_K)^2}{n(n-1)}}, \%. \quad (2)$$

7.4.1.6 Определяют границы неисключенной систематической погрешности при измерениях кермы в воздухе при доверительной вероятности $p = 0,95$:

$$\theta_K = 1,1 \sqrt{\Delta_{K_0}^2 + \Delta_K^2 + \delta_0^2}, \quad (3)$$

где Δ_{K_0} – суммарная погрешность действительного значения кермы в воздухе (определяется из СКО S_0 и НСП θ_0 кермы в воздухе первичного эталона по ГОСТ 8.381–2009), %;

$$\Delta_K = \frac{\overline{M}_K - K_0}{K_0} \cdot 100 \text{ – относительная погрешность показаний дозиметра NOMEX}$$

Multimeter при измерении кермы в воздухе в поверочной точке, %; K_0 – действительное значение кермы в воздухе в поверочной точке;

$$\delta_0 = 0,3 \text{ – погрешность метода передачи по ГОСТ Р 8.804–2012, \%}.$$

7.4.1.7 Доверительные границы основной относительной погрешности рассчитываются как $\delta_K = Coef \cdot S_\Sigma$, где $S_\Sigma = \sqrt{S_\theta^2 + S^2(\overline{M}_K)}$ – оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерений;

$Coef = \frac{\varepsilon + \theta_K}{S(\overline{M}_K) + S_\theta}$ – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

$\varepsilon = t_0 \cdot S(\overline{M}_K)$, где t_0 – коэффициент Стьюдента, который определяется в зависимости от доверительной вероятности и числа результатов наблюдений ($t_0 = 2,78$ при доверительной вероятности $p = 0,95$ и числе измерений $n = 5$);

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

7.4.1.8 Результат поверки считают положительным, если значения доверительных границ основной относительной погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях кермы в воздухе δ_K на режимах работы RAD/FLU/DENT и СТ не превышают пределов $\pm 3,5\%$, на режиме работы МАМ – не превышают пределов $\pm 2,5\%$.

7.4.2 Определение основной относительной погрешности при измерениях мощности кермы в воздухе

Определение основной относительной погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях мощности кермы в воздухе проводят на эталонных установках

рентгеновского излучения с режимами излучений серий RQR по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQT, RQR-M по МЭК 61267 в последовательности, указанной ниже.

7.4.2.1 Размещают дозиметр NOMEX Multimeter на эталонной дозиметрической установке рентгеновского излучения в соответствии с п. 7.4.1.1.

7.4.2.2 Определение основной относительной погрешности дозиметра проводят на режимах рентгеновского излучения, указанных в п. 7.4.1.2.

7.4.2.3 Определение основной относительной погрешности на режиме работы RAD/FLU/DENT при измерениях мощности кермы в воздухе выполняют в трех точках диапазона измерений со значениями мощности кермы в воздухе 0,1–2 мГр/с, 4–10 мГр/с и 20–40 мГр/с.

Определение основной относительной погрешности на режиме работы СТ при измерениях мощности кермы в воздухе выполняют в точке диапазона измерений со значением мощности кермы в воздухе 1–10 мГр/с.

Определение основной относительной погрешности на режиме работы MAM при измерениях мощности кермы в воздухе выполняют в точке диапазона измерений со значением мощности кермы в воздухе 1–10 мГр/с.

7.4.2.4 В каждой точке выполняют не менее пяти измерений мощности кермы в воздухе \dot{K}_i . Вычисляют их средние арифметические значения по формуле:

$$\overline{M_{\dot{K}}} = \sum_{i=1}^n \frac{\dot{K}_i}{n} \quad (4)$$

7.4.2.5 Для каждой точки оценивают средние квадратические отклонения результатов измерений по формуле:

$$S(\overline{M_{\dot{K}}}) = \frac{100}{\overline{M_{\dot{K}}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\dot{K}_i - \overline{M_{\dot{K}}})^2}{n(n-1)}} \text{, \%} \quad (5)$$

7.4.2.6 Определяют границы неисключенной систематической погрешности при измерениях мощности кермы в воздухе при доверительной вероятности $p = 0,95$ по формуле:

$$\theta_{\dot{K}} = 1,1 \sqrt{\Delta_{\dot{K}_0}^2 + \Delta_{\dot{K}}^2 + \delta_o^2} \quad (6)$$

где $\Delta_{\dot{K}_0}$ – суммарная погрешность действительного значения мощности кермы в воздухе (определяется из СКО S_0 и НСП θ_0 мощности кермы в воздухе первичного эталона по ГОСТ 8.381–2009), %;

$$\Delta_{\dot{K}} = \frac{\overline{M_{\dot{K}}} - \dot{K}_o}{\dot{K}_o} \cdot 100 \text{ – относительная погрешность показаний дозиметра NOMEX Mul-$$

timeter при измерении мощности кермы в воздухе в поверочной точке, %; \dot{K}_o – действительное значение мощности кермы в воздухе в поверочной точке;

$$\delta_o = 0,3 \text{ – погрешность метода передачи по ГОСТ Р 8.804–2012, \%}.$$

7.4.2.7 Доверительные границы основной относительной погрешности рассчитываются как $\delta_{\dot{K}} = Coef \cdot S_{\Sigma}$, где $S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\theta}^2 + S^2(\overline{M_{\dot{K}}})}$ – оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерений;

$Coef = \frac{\varepsilon + \theta_{\dot{K}}}{S(\overline{M_{\dot{K}}}) + S_{\theta}}$ – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей; $\varepsilon = t_o \cdot S(\overline{M_{\dot{K}}})$, где

t_o – коэффициент Стьюдента, который определяется в зависимости от доверительной вероятности и числа результатов наблюдений ($t_o = 2,78$ при доверительной вероятности $p = 0,95$ и числе измерений $n = 5$); $S_\theta = \frac{\theta \dot{K}}{1,1\sqrt{3}}$ – среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической погрешности.

7.4.2.8 Результат поверки считают положительным, если значения доверительных границ основной относительной погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях мощности кермы в воздухе $\delta \dot{K}$ на режимах работы RAD/FLU/DENT и СТ не превышают пределов $\pm 3,5 \%$, на режиме работы МАМ – не превышают пределов $\pm 2,5 \%$.

7.4.3 Определение погрешности при измерениях анодного напряжения на рентгеновской трубке

Определение погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях анодного напряжения на рентгеновской трубке проводят на рентгеноспектрометрических установках или рентгеновских установках с делителем напряжения – рабочих эталонах третьего разряда по МИ 2156-91 с режимами излучения серий RQR по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQR-M по МЭК 61267 в последовательности, указанной ниже.

7.4.3.1 Устанавливают дозиметр NOMEX Multimeter в точку в центре поля излучения установки, как указано в п. 7.4.1.1.

7.4.3.2 На режиме работы RAD/FLU/DENT поверку проводят на режимах рентгеновского излучения RQR3–RQR10 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при анодных напряжениях 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ, 120 кВ, 150 кВ.

На режиме работы МАМ поверку проводят на режимах рентгеновского излучения RQR-M1–RQR-M4 по МЭК 61267 при анодных напряжениях 25 кВ, 28 кВ, 30 кВ, 35 кВ.

7.4.3.3 В каждой поверочной точке выполняют не менее трех измерений практического пикового анодного напряжения на рентгеновской трубке U_{PPVi} . Вычисляют их средние арифметические значения:

$$\bar{U}_{PPV} = \sum_{i=1}^n \frac{U_{PPVi}}{n}. \quad (7)$$

7.4.3.4 Погрешность дозиметра NOMEX Multimeter Δ_U при измерениях анодного напряжения на рентгеновской трубке вычисляют по формулам:

$$\Delta_U = \bar{U}_{PPV} - U_o, \text{ кВ – абсолютная,} \quad (8)$$

$$\Delta_U = \frac{\bar{U}_{PPV} - U_o}{U_o} \cdot 100, \% \text{ – относительная,} \quad (9)$$

где \bar{U}_{PPV} – среднее арифметическое значение показаний дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях анодного напряжения в поверочной точке, кВ;

U_o – действительное значение анодного напряжения на рентгеновской трубке (из технической документации на эталон), кВ.

7.4.3.5 Результат поверки считают положительным, если значения погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях анодного напряжения на рентгеновской трубке Δ_U на режимах работы RAD/FLU/DENT не превышают пределов $\pm 2,5 \%$ или ± 1 кВ (в зависимости от того, что больше), на режиме работы МАМ – не превышают пределов $\pm 0,5$ кВ.

7.4.4 Определение относительной погрешности при измерениях времени экспозиции

Определение относительной погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях времени экспозиции проводят на эталонной установке рентгеновского излучения с режимами излучения серии RQR по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и секундомера в последовательности, указанной ниже.

7.4.4.1 Выполняют действия по п. 7.4.1.1.

7.4.4.2 Выполняют четыре измерения кермы в воздухе при времени экспозиции от 1 до 10 с, измеряя время экспозиции одновременно с помощью дозиметра NOMEX Multimeter и секундомера.

7.4.4.3 Регистрируют показания дозиметра NOMEX Multimeter при измерении времени экспозиции t_i и показания секундомера t_o , с.

7.4.4.4 Относительную погрешность дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях времени экспозиции Δ_t вычисляют по формуле:

$$\Delta_t = \frac{t_i - t_o}{t_o} \cdot 100, \%, \quad (10)$$

где t_i – показания дозиметра NOMEX Multimeter, с;

t_o – действительное значение времени экспозиции, измеренное секундомером, с.

7.4.4.5 Результат поверки считают положительным, если значение относительной погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях времени экспозиции Δ_t не превышает пределов $\pm 1 \%$.

7.4.5 Определение погрешности при измерениях слоя половинного ослабления (СПО)

Определение погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях слоя половинного ослабления (СПО) проводят на эталонных установках рентгеновского излучения с режимами излучения серии RQR по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQR-M по МЭК 61267 в последовательности, указанной ниже.

7.4.5.1 Выполняют действия по п. 7.4.1.1.

7.4.5.2 Поверку проводят на режиме работы RAD/FLU/DENT на режимах рентгеновского излучения RQR3–RQR10 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжениях генерирования на рентгеновской трубке 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ, 120 кВ и 150 кВ в диапазоне СПО 1,5–5,5 мм Al.

Поверку проводят на режиме работы MAM на режимах RQR-M1–RQR-M4 по МЭК 61267 при анодных напряжениях на рентгеновской трубке 25 кВ, 28 кВ, 30 кВ, 35 кВ в диапазоне СПО 0,2–0,4 мм Al.

7.4.5.3 Погрешность дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях слоя половинного ослабления Δ_{HVL} вычисляют по формулам:

$$\Delta_{HVL} = HVL_i - HVL_o, \text{ мм Al} - \text{абсолютная}, \quad (11)$$

$$\Delta_{HVL} = \frac{HVL_i - HVL_o}{HVL_o}, \%, - \text{относительная}, \quad (12)$$

где HVL_i – показания дозиметра NOMEX Multimeter, мм Al;

HVL_o – действительное значение слоя половинного ослабления, мм Al (из технической документации на эталон).

7.4.5.4 Результат поверки считают положительным, если значения погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях слоя половинного ослабления Δ_{HVL} на режиме работы RAD/FLU/DENT не превышают пределов $\pm 0,25$ мм Al в диапазонах от 0,95 до 3,9 мм Al и от 5,2 до 13,5 мм Al и ± 18 % в диапазоне от 3,9 до 5,2 мм Al, на режиме работы MAM – не превышают пределов $\pm 0,01$ мм Al или ± 4 % (в зависимости от того, что больше).

7.4.6 Определение погрешности при измерениях полной фильтрации

Определение погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях полной фильтрации в диапазоне измерений проводят на эталонной установке рентгеновского излучения с режимами излучения серий RQR и RQA по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 в последовательности, указанной ниже.

7.4.6.1 Выполняют действия по п. 7.4.1.1.

7.4.6.2 Поверку проводят на режиме работы RAD/FLU/DENT на режимах рентгеновского излучения RQR2, RQR10 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжениях генерирования на рентгеновской трубке 40 кВ, 150 кВ и на режимах RQA3–RQA7 по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 при напряжениях генерирования на рентгеновской трубке 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ в диапазоне полной фильтрации 2,4–33 мм Al.

7.4.6.3 Погрешность дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях полной фильтрации Δ_h вычисляют по формулам:

$$\Delta_h = h_i - h_o, \text{ мм Al – абсолютная,} \quad (13)$$

$$\Delta_h = \frac{h_i - h_o}{h_o} \cdot 100, \% \text{ – относительная,} \quad (14)$$

где h_i – показания дозиметра NOMEX Multimeter, мм Al;

h_o – действительное значение полной фильтрации, мм Al (из технической документации на эталон).

7.4.6.4 Результат поверки считают положительным, если значение погрешности дозиметра NOMEX Multimeter при измерениях полной фильтрации Δ_h не превышает пределов ± 10 % или $\pm 2,5$ мм Al (40–45 кВ) (в зависимости от того, что больше), ± 10 % или $\pm 0,5$ мм Al (45–150 кВ) (в зависимости от того, что больше).

7.4.7 Определение энергетической зависимости чувствительности

Определение энергетической зависимости чувствительности дозиметров NOMEX Multimeter проводят на эталонной установке рентгеновского излучения с режимами излучения серий RQR по ГОСТ Р МЭК 61267-2001 и RQR-M по МЭК 61267 в последовательности, указанной ниже.

7.4.7.1 Выполняют действия по п. 7.4.1.1.

7.4.7.2 На режиме работы RAD/FLU/DENT поверку проводят на режимах рентгеновского излучения RQR3–RQR10 по ГОСТ Р МЭК 61276-2001 при напряжениях генерирования 50 кВ, 70 кВ, 90 кВ, 120 кВ и 150 кВ.

На режиме работы MAM поверку проводят на режимах рентгеновского излучения RQR-M1–RQR-M4 по МЭК 61267 при анодных напряжениях на рентгеновской трубке 25 кВ, 28 кВ, 30 кВ, 35 кВ.

7.4.7.3 Поверку проводят при значениях мощности кермы в воздухе 1–10 мГр/с. В каждой точке выполняют не менее трех измерений мощности кермы в воздухе, контролируя воспроизводимость поля рентгеновского излучения, и вычисляют их среднее арифметическое значение $\overline{M_K}$ по формуле (4).

7.4.7.4 Для каждого режима рентгеновского излучения определяют коэффициент чувствительности k_{ε} по формуле:

$$k_{\varepsilon} = \frac{\overline{M\dot{K}}}{\dot{K}_o}, \quad (15)$$

где \dot{K}_o – действительное значение мощности кермы в воздухе для выбранного режима излучения.

7.4.7.5 Энергетическую зависимость чувствительности дозиметра δ_{ε} рассчитывают по формуле:

$$\delta_{\varepsilon} = \frac{k_{\varepsilon} - k_{\text{escal}}}{k_{\text{escal}}} \cdot 100, \%, \quad (16)$$

где k_{escal} – коэффициент чувствительности для режима, относительно которого производится определение энергетической зависимости: на режиме работы RAD/FLU/DENT – для режима RQR5; на режиме работы MAM – для режима RQR2-M.

7.4.7.6 Результат поверки считают положительным, если полученные значения энергетической зависимости чувствительности дозиметра NOMEX Multimeter δ_{ε} не превышают $\pm 1,0$ %.

8 Оформление результатов поверки

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

8.2 Положительные результаты поверки дозиметра NOMEX Multimeter оформляют 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 наносят на свидетельство о поверке.

На оборотной стороне свидетельства о поверке указывают:

- режимы рентгеновского излучения, на которых проведена поверка;
- диапазоны измерений дозиметра NOMEX Multimeter, в пределах которых проведена поверка;
- метрологические характеристики дозиметра NOMEX Multimeter, определенные при поверке;
- идентификационные данные ПО дозиметра NOMEX Multimeter.

8.3 На дозиметр NOMEX Multimeter, не прошедший поверку, выдается извещение о непригодности установленной формы в соответствии с Приложением 2 к Порядку проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утвержденному приказом Минпромторга России № 1815 от 2 июля 2015 г., с указанием причин несоответствия. Свидетельство о поверке аннулируется, средство измерений в обращение не допускается.

Форма протокола поверки

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)*.

Пломбирование *отсутствует (присутствует)*.

Целостность пломбы *не нарушена (нарушена)*.

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

2 Опробование

Прибор *работоспособен (не работоспособен)*.

Сообщения об ошибках *отсутствуют (имеются; указать содержание)*.

Результаты опробования *положительные (отрицательные)*.

3 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО)

Результаты подтверждения соответствия ПО представлены в таблице 1.

Таблица 1

Идентификационные данные	Значения	
	Внешнее ПО	Встроенное ПО
Идентификационное наименование ПО	-	
Номер версии (идентификационный номер) ПО		
Цифровой идентификатор ПО	-	

Вывод: Результаты подтверждения соответствия ПО *положительные (отрицательные)*.

4 Определение метрологических характеристик

4.1 Определение основной относительной погрешности при измерениях кермы в воздухе

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Режим излучения	Показания поверяемого дозиметра, K_i , мГр					Среднее арифметическое значение показаний, \bar{M}_{Kj} , мГр	Действительное значение кермы в воздухе, K_{oj} , мГр	Границы неисключенной систематической погрешности, θ_K , %	Основная относительная погрешность, δ_K , %
	1	2	3	4	5				
RQR5									
...									
RQR-M2									
...									

Пределы основной относительной погрешности дозиметра при измерениях кермы в воздухе на режиме работы RAD/FLU/DENT составляют $\pm 3,5$ %, на режиме работы MAM – $\pm 2,5$ %.

Вывод: результаты поверки по п. 4.1 *положительные (отрицательные)*.

4.2 Определение основной относительной погрешности при измерениях мощности кермы в воздухе

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Режим излучения	Показания поверяемого дозиметра, \dot{K}_i , мГр/с					Среднее арифметическое значение показаний, $\bar{M}_{\dot{K}j}$, мГр/с	Действительное значение мощности кермы в воздухе, \dot{K}_{oj} , мГр/с	Границы неисключенной систематической погрешности, $\theta_{\dot{K}}$, %	Основная относительная погрешность, $\delta_{\dot{K}}$, %
	1	2	3	4	5				
RQR5									
...									
RQR-M2									
...									

Пределы основной относительной погрешности дозиметра при измерениях мощности кермы в воздухе на режиме работы RAD/FLU/DENT составляют $\pm 3,5$ %, на режиме работы MAM – $\pm 2,5$ %.

Вывод: результаты поверки по п. 4.2 *положительные (отрицательные)*.

4.3 Определение погрешности при измерениях анодного напряжения на рентгеновской трубке

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Режим излучения	Показания поверяемого дозиметра, U_{PPVj} , кВ			Среднее арифметическое значение показаний, \bar{U}_{PPVj} , кВ	Действительное значение анодного напряжения, \bar{U}_{Oj} , кВ	Относительная погрешность, ΔU , %
	1	2	3			
RQR3						
...						
RQR10						
RQR-M1						
...						
RQR-M4						

Пределы погрешности дозиметра при измерениях анодного напряжения на рентгеновской трубке на режимах работы RAD/FLU/DENT составляют $\pm 2,5$ % или ± 1 кВ, на режиме работы MAM – $\pm 0,5$ кВ.

Вывод: результаты поверки по п. 4.3 *положительные (отрицательные)*.

4.4 Определение погрешности при измерениях времени экспозиции

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Показания поверяемого дозиметра, t_i , с	Действительное значение времени экспозиции, t_o , с	Относительная погрешность, Δ_t , %

Пределы погрешности дозиметра при измерениях времени экспозиции составляют ± 1 % или $\pm 0,5$ мс.

Вывод: результаты поверки по п. 4.4 *положительные (отрицательные)*.

4.5 Определение погрешности при измерениях слоя половинного ослабления (СПО)

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 6

Режим излучения	Показания поверяемого дозиметра, HVL_j , мм Al	Действительное значение СПО, HVL_o , мм Al	Относительная погрешность, Δ_{HVL} , мм Al
RQR3			
...			
RQR10			

Пределы погрешности дозиметра при измерениях СПО на режиме работы RAD/FLU/DENT составляют $\pm 0,25$ мм Al в диапазонах от 0,95 до 3,9 мм Al и от 5,2 до 13,5 мм Al и ± 18 % в диапазоне от 3,9 до 5,2 мм Al, на режиме работы MAM – $\pm 0,01$ мм Al или ± 4 %.

Вывод: результаты поверки по п. 4.5 *положительные (отрицательные)*.

4.6 Определение погрешности при измерениях полной фильтрации

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 7.

Таблица 7

Режим излучения	Показания поверяемого дозиметра, h , мм Al	Действительное значение полной фильтрации, h_0 , мм Al	Относительная погрешность, Δ_{HVL} , мм Al
RQR3			
...			
RQR10			
RQA3			
...			
RQA7			

Пределы погрешности дозиметра при измерениях полной фильтрации составляют $\pm 10\%$ или $\pm 2,5$ мм Al (40–45 кВ), $\pm 10\%$ или $\pm 0,5$ мм Al (45–150 кВ).

Вывод: результаты поверки по п. 4.6 *положительные (отрицательные)*.

4.7 Определение энергетической зависимости чувствительности дозиметра

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 8.

Таблица 8

Режим излучения	Показания поверяемого дозиметра, \dot{K}_i , мГр/с			Среднее арифметическое значение показаний, $\bar{M}_{\dot{K}_j}$, мГр/с	Действительное значение мощности кермы в воздухе, \dot{K}_{oj} , мГр/с	Коэффициент чувствительности, k_{ej}	Энергетическая зависимость чувствительности, δ_{ej} , %
	1	2	3				
RQR3							
...							
RQR10							

Пределы энергетической зависимости чувствительности дозиметра составляют $\pm 1,0\%$.

Вывод: результаты поверки по п. 4.7 *положительные (отрицательные)*.

5 Выводы

Результаты поверки *положительные (отрицательные)*.

Дозиметр универсальный для контроля характеристик рентгеновских аппаратов NOMEX Multimeter зав № _____ годен (не годен) к применению.

Выдано свидетельство о поверке № (извещение о непригодности №)

Дата поверки:

Поверитель