

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО ИИП «РАДИКО»

Директор ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»


Д.Е. МЕЛЕТА
М.П.

«__» _____ 2016 г.


К.В. Гоголинский
М.П.

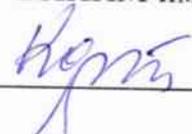
«__» _____ июля _____ 2016 г.

**Комплексы индивидуального дозиметрического контроля
ТЛД RADOS**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП 2103-002-2015

№.р 65506-16

Заместитель
руководителя отдела ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»


Н.И. Кармалицын
«__» _____ 2016 г.

Настоящая методика поверки распространяется на комплексы индивидуального дозиметрического контроля ТЛД RADOS (комплексы ТЛД RADOS), предназначенные для измерений индивидуальных эквивалентов дозы (ИЭД) $H_p(10)$, $H_p(3)$ и $H_p(0,07)$ фотонного, бета и нейтронного излучения, а также AMBIENTного эквивалента дозы $H_p^*(10)$ и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Первичной поверке подлежат комплексы ТЛД RADOS с наборами индивидуальных дозиметров в соответствии с требуемой комплектацией, до ввода в эксплуатацию. Периодической поверке подлежат комплексы ТЛД RADOS, находящиеся в эксплуатации.

Интервал между поверками – 2 года.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

Данная методика поверки приведена для наиболее полной комплектации комплекса ТЛД RADOS, в состав которого входят дозиметры для различных видов излучения (фотонное, бета-, нейтронное). Наличие тех или иных типов дозиметров, используемых в составе комплекса ТЛД RADOS, определяется заказчиком при заказе комплекса. Операции поверки выполняются только для используемых типов дозиметров.

По требованию заказчика допускается проведение поверки по отдельным измеряемым величинам, видам излучения, диапазонам измерения доз и отдельным типам дозиметров. При этом в свидетельстве о поверке должны быть перечислены измеряемые величины, виды излучения и диапазоны измерения доз, в которых проводилась поверка, и типы дозиметров, для которых проведена поверка.

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

Таблица 1.

Наименование операции	№ пункта методики поверки	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Подтверждение соответствия ПО СИ при поверке	7.2	да	да
Опробование	7.3	да	да
Определение метрологических характеристик	7.4	да	да
Определение основной относительной погрешности измерения индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ гамма-излучения	7.4.1	да	да
Определение основной относительной погрешности измерения индивидуальных эквивалентов доз $H_p(3)$ и $H_p(0,07)$ бета-излучения	7.4.1	да	да
Определение основной относительной погрешности измерения индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ нейтронного излучения	7.4.1	да	да
Определение энергетической зависимости чувствительности дозиметров при измерениях $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ в полях фотонного излучения ¹⁾	7.4.2	да	да
Оформление результатов поверки	8	да	да

¹⁾ *Определение энергетической зависимости чувствительности дозиметров проводится по запросу потребителя или контролирующих органов в случае использования этих дозиметров для измерений в полях рентгеновского излучения или тормозного излучения*

Допускается проведение поверки комплекса ТЛД RADOS методом «доза-почтой».

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться следующие средства: основные и вспомогательные средства измерений, представленные в таблице 2.

2.2 Все средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2.3 Допускается применение других измерительных средств, аналогичных по точности, указанным в таблице 2.

Таблица 2

Номер п/п методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки	Метрологические характеристики и основные технические характеристики
7.4.1	Установка эталонная поверочная дозиметрическая гамма-излучения по ГОСТ 8.087-2000 с набором источников гамма-излучения из радионуклида ^{137}Cs	Диапазон значений мощности кермы в воздухе от 1 мкГр/ч до 0,5 Гр/ч Погрешность аттестации не более $\pm 4\%$
7.4.2	Установки поверочные дозиметрические рентгеновского излучения по ГОСТ 8.087-2000	Диапазон энергий фотонов от 15 до 250 кэВ. Диапазон значений мощности кермы в воздухе от 1 мкГр/ч до 15 мГр/ч Погрешность аттестации $\pm 4\%$
7.4.1	Установка эталонная поверочная дозиметрическая бета-излучения по ГОСТ 8.035-82 с источником из радионуклида $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$	Диапазон значений мощности поглощенной дозы в ткани от 4 мГр/ч до 4 Гр/ч Погрешность аттестации $\pm 8\%$
7.4.1	Установки поверочные по ГОСТ 10-81 с источником нейтронов из Pu-Be	Поток нейтронов $(1-7) \cdot 10^7 \text{с}^{-1}$. Погрешность аттестации $\pm 4\%$
7.4.1 7.4.2	Водный фантом по международному стандарту ISO-4037-3 (ISO water slab phantom)	Фантом из полиметилметакрилата с размерами $300 \times 300 \times 150 \text{ мм}^3$, наполненный водой.
7.4	Дозиметр рентгеновского и гамма-излучения типа ДКС-АТ 1121	Диапазон мощности амбиентного эквивалентной дозы от 0,05 до 1000 мкЗв/ч. Погрешность не более $\pm 15\%$
7.4	Термометр лабораторный по ГОСТ 28498-90	Диапазон измерений от 0 до 40 °С Цена деления 0,1 °С. Погрешность измерения температуры не более $\pm 0,05^\circ\text{C}$
7.4	Психрометр аспирационный по ГОСТ 8.472-82	Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 20 до 90%. Погрешность $\pm 2\%$
7.4	Барометр-анероид по ГОСТ 6359-75	Диапазон измерений атмосферного давления от 80 до 107 кПа Погрешность измерения не более $\pm 0,2 \text{ кПа}$
7.4	Секундомер типа "Электроника КТ-01"	Дискретность отсчета 0,01с Погрешность не более $\pm 0,01 \text{ с}$ за 1 мин.

Примечания. 1. Для фотонного излучения переход от величины кермы в воздухе K_a к индивидуальным эквивалентам дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ осуществляют, используя коэффициенты перехода $h_{pk}(10)$ и $h_{pk}(0,07)$ соответственно, рекомендованные международным стандартом ISO-4037-3 и указанные в Приложении А.

2. Для бета-излучения коэффициент перехода от поглощенной дозы в ткани на глубине 0,07 мм к индивидуальному эквиваленту дозы $H_p(0,07)$ равен единице в соответствии с международным стандартом ISO 6980-3.

3. Для нейтронного излучения переход от величины плотности потока нейтронов к индивидуальному эквиваленту дозы $H_p(10)$ осуществляют, используя коэффициент перехода $h_{pn}(10) = 4 \cdot 10^{-10} \text{Зв} \cdot \text{см}^2$ в соответствии с международным стандартом ISO 8529-3.

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 (РЭ) и Методику поверки комплекса 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 допускаются лица, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений. Лица, занятые облучением индивидуальных дозиметров во время поверки, должны быть допущены к работам, связанным с использованием источников ионизирующих излучений.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении операции поверки должны соблюдаться следующие условия:

- | | |
|---|------------|
| – температура окружающего воздуха, °С | 20 ± 5; |
| – относительная влажность воздуха, % | 60 ± 20; |
| – атмосферное давление, кПа | 101,3 ± 4; |
| – фон внешнего гамма-излучения, мкЗв/ч, не выше | 0,20; |

При поверке комплекса вклад в дозу, обусловленный фоном ионизирующего излучения, не должен превышать 1% значения измеряемой величины. В противном случае следует учитывать вклад фонового ионизирующего излучения в результат измерения дозы.

Количество одновременно облучаемых дозиметров определяется размерами однородного поля ионизирующего излучения поверочной дозиметрической установки. При этом размеры равномерного поля поверочной дозиметрической установки должны превышать размеры поля, занятого дозиметрами, не менее чем на 20 %.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 При проведении поверки средства поверки должны быть подготовлены в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

6.2 Комплекс ТЛД RADOS представляется на поверку после проведения процедуры калибровки, описанной в РЭ.

6.3 На поверку поставляются выборки дозиметров каждого типа, равные 10 % от партии дозиметров определенного типа из состава комплекса ТЛД RADOS, но не менее 30 штук каждая.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должны быть установлены:

- комплектность комплекса ТЛД RADOS и эксплуатационных документов на него;
- наличие свидетельства о поверке комплекса ТЛД RADOS (при периодической поверке);
- наличие маркировки на дозиметрах;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений и дефектов на корпусе считывателя ТЛД RADOS RE2000, на регулировочных и соединительных элементах, на дозиметрах.

7.2 Проверка программного обеспечения

Комплектность и идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать приведенным в таблице 3

Таблица 3.

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
Наименование ПО	Расчет доз ТЛД	TLDExplorer
Идентификационное наименование ПО	tld.exe	TLDExplorer.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0.2.35 ¹⁾	4.0.0.0 ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО (по методу MD5)	defe5d10d3bc60b122cec356769ec19a ²⁾ 355112fa70c6be9d1e3bb82c76ce4aa3 ²⁾	

Примечания: 1) Номер версии ПО не ниже указанного в таблице.
2) Контрольная сумма относится к текущей версии ПО.

7.2.1 Определение номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения.

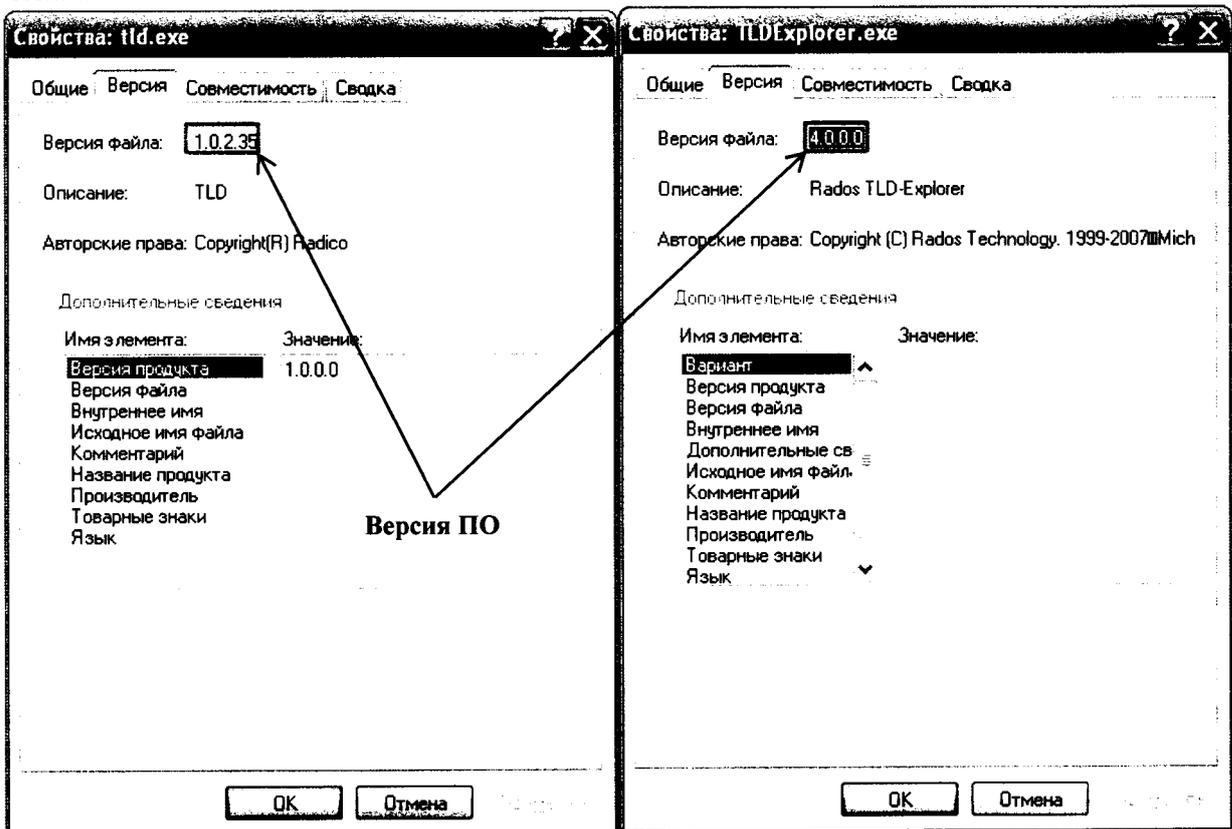


Рисунок 1. Отображения версии исполняемых файлов.

Версии исполняемых файлов определяются средствами операционной системы Windows. Для определения версии файла необходимо:

- выбрать нужный файл и нажать правую кнопку мыши;
- выбрать в меню пункт «Свойства»;
- в открывшемся окне свойств файла нужно выбрать вкладку «Версия», на которой будут отображены наименование и версия файла (Рисунок 1).

7.2.2 Определение цифрового идентификатора программного обеспечения.

Контрольные суммы исполняемых файлов вычисляются по алгоритму MD5 при помощи программы MD5 File Checker (либо аналогичной). Для определения контрольной суммы файла необходимо запустить программу «MD5 File Checker» выбрать необходимый файл и нажать кнопку «Рассчитать».

7.2.3 Результаты проверки программного обеспечения должны соответствовать таблица. 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».

7.3 Опробование

При проведении опробования необходимо проверить работоспособность считывающего устройства комплекса ТЛД RADOS в соответствии с РЭ. Опробование комплекса производится путем измерения фоновых показаний необлученных дозиметров.

7.4 Определение метрологических характеристик

7.4.1 **Определение основной относительной погрешности измерения индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ гамма- и нейтронного излучения и индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(0,07)$ и $H_p(3)$ бета-излучения.**

7.4.1.1 Основную относительную погрешность измерений индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ ($H_p(3)$, $H_p(0,07)$) комплекса ТЛД RADOS определяют методом сравнения показаний поверочных дозиметров, облученных в поле поверочной дозиметрической установки гамма-излучения с источником ^{137}Cs (бета-излучения с источником $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ или нейтронного излучения с источником Pu-Be) и измеренных в соответствии с указаниями РЭ на считывающем устройстве RE2000 из состава поверяемого комплекса ТЛД RADOS, с эталонными значениями индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$ ($H_p(3)$, $H_p(0,07)$).

7.4.1.2 Для облучения дозиметры размещают на передней поверхности водного фантома в поле гамма-излучения источника из радионуклида ^{137}Cs (либо в поле источника бета-излучения $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, либо в поле нейтронного излучения источника нейтронов Pu-Be) таким образом, чтобы центр чувствительной области дозиметров, за который принимается геометрический центр дозиметра, располагался в плоскости, проходящей через поверочную точку установки с заданной мощностью индивидуального эквивалента дозы.

Фантом располагается в поле излучения таким образом, чтобы его передняя стенка была перпендикулярна оси пучка излучения. Размер поля излучения должен перекрывать переднюю поверхность водного фантома. Количество дозиметров для облучения в каждой поверочной точке выбирается в зависимости от размеров представленной на поверку партии дозиметров, но не менее трех.

7.4.1.3 Дозиметры облучают в поле гамма-излучения эталонного источника ^{137}Cs последовательно в 6 точках диапазона доз 10 мкЗв – 13в (0,01 мЗв; 0,07-0,13мЗв; 0,7-1,3мЗв; 7-13мЗв; 70-130 мЗв; 1 Зв) либо диапазона 100 мЗв – 10 Зв (0,1 мЗв; 0,7-1,3мЗв; 7-13мЗв; 70-130 мЗв; 0,7-1,3 Зв; 10 Зв) в зависимости от типа дозиметров, по 3 дозиметра в каждой точке.

Дозиметры, предназначенные для измерений в полях бета-излучения, облучают в поле эталонного источника $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ в 5 точках диапазона измерений: 0,1 мЗв; 0,7-1,3 мЗв, 7-13мЗв; 70-130 мЗв и 13в по 2-3 дозиметра в каждой точке.

Нейтронные дозиметры облучают в поле эталонного источника нейтронов Pu-Be в 3-х точках диапазона измерений 0,2 мЗв, 2 мЗв, 20 мЗв по 3 дозиметра в каждой точке.

7.4.1.4 Основную относительную погрешность комплекса ТЛД RADOS определяют по формуле:

$$\delta_j = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta_{jnp}^2 + \theta_o^2}, \quad (1)$$

где: θ_o - относительная погрешность определения значения индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ в поверочных точках эталонных поверочных дозиметрических установок, %, (из свидетельства на установку).

Δ_{np} - максимальное значение из погрешностей, рассчитанных для j-ой точки облучения в диапазоне измерений индивидуальных эквивалентов дозы:

$$\Delta_{\text{при}} = \frac{H_p^u(10)_i - H_p^o(10)}{H_p^o(10)} \cdot 100\% \quad (2)$$

где: $H_p^o(10)$ ($H_p^o(3)$, $H_p^o(0,07)$) – эталонное значение индивидуального эквивалента дозы в поле дозиметрической поверочной установки, мЗв; (из свидетельства о поверке установки)

$H_p^u(10)_i$ ($H_p^u(3)_i$, $H_p^u(0,07)_i$) - измеренное i -ым дозиметром значение индивидуального эквивалента дозы, мЗв.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если значения доверительной границы основной относительной погрешности измерения индивидуальных эквивалентов дозы фотонного (бета-, нейтронного) излучения не превышают значений, указанных в РЭ на комплекс ТЛД RADOS.

7.4.2 Определение энергетической зависимости чувствительности дозиметров комплекса ТЛД RADOS

7.4.2.1 Определение энергетической зависимости чувствительности дозиметров комплекса ТЛД RADOS проводят на установках эталонных поверочных дозиметрических рентгеновского излучения по ГОСТ 8.087-2000, аттестованных в единицах индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$, на режимах серии N в восьми точках диапазона энергий (N20, N30, N40, N60, N80, N100, N150, N200) при первичной поверке и в трех точках энергетического диапазона, выбранного потребителем или контролирующими органами, при периодической поверке.

7.4.2.2 Поверку проводят при значениях индивидуального эквивалента дозы 1–10 мЗв с использованием водного фантома. Количество дозиметров в каждой поверочной точке не менее 3 штук.

7.4.2.3 Энергетическую зависимость чувствительности дозиметров комплекса ТЛД RADOS в полях фотонного излучения определяют по формуле:

$$\eta_{Ej} = \frac{K_{Ej} - K_{ECs}}{K_{ECs}} \cdot 100, \% \quad (3)$$

где K_{Ej} и K_{ECs} - коэффициенты чувствительности дозиметров к фотонному излучению данной энергии и к излучению источника ^{137}Cs соответственно, для каждой из j -ой поверочной точки, вычисляются по формуле:

$$K_{Ej} = \frac{\sum_{i=1}^n H_p^u(10)_{ij}}{n \cdot H_p^o(10)_j}, \quad (4)$$

где n – количество дозиметров в каждой поверочной точке диапазона энергий;

$H_p^u(10)_{ij}$ ($H_p^u(3)_{ij}$, $H_p^u(0,07)_{ij}$) - значение индивидуального эквивалента дозы, измеренное i -ым дозиметром в j -ой поверочной точке диапазона энергий, мЗв;

$H_p^o(10)_j$ ($H_p^o(3)_j$, $H_p^o(0,07)_j$) - эталонное значение индивидуального эквивалента дозы в поле дозиметрической поверочной установки в j -ой точке диапазона энергий, мЗв.

7.4.2.4 Для каждой поверочной точки определяется поправочный множитель, C_j , зависящий от энергии излучения:

$$C_j = \frac{K_{ECs}}{K_{Ej}} \quad (5)$$

7.4.2.5 Результаты поверки считают положительными, если значения коэффициентов энергетической зависимости чувствительности, η , для дозиметров из состава комплекса ТЛД RADOS не превышают значений, указанных в РЭ на комплекс ТЛД RADOS.

Примечание. По запросу потребителя количество поверяемых точек в диапазоне энергий рентгеновского излучения при периодической поверке может быть увеличено.

7.5 Проведение поверки комплекса ТЛД RADOS методом «Доза-почтой»

7.5.1 При проведении поверки комплекса ТЛД RADOS данным методом потребитель представляет на поверку в организацию, осуществляющую поверку, дополнительно к выборкам дозиметров каждого типа дозиметры сопровождения в количестве не менее 5 шт. каждого типа для измерения фона за время пересылки дозиметров почтой.

7.5.2 Перед отправкой в организацию, осуществляющую поверку, необходимо провести термообработку (обнуление) всех дозиметров, предназначенных для отправки на поверку, в соответствии с РЭ.

7.5.3 После облучения поверочных дозиметров организация, осуществляющая поверку, возвращает их вместе с дозиметрами сопровождения потребителю без указания доз облучения.

7.5.4 Потребитель производит измерение показаний облученных дозиметров и составляется протокол измерений, в котором указывается:

- тип и номера считывателя;
- среднее показание считывателя от образцового источника света во время измерения поверочных дозиметров;
- типы ТЛ дозиметров с указанием объемов партий дозиметров, из которых были представлены выборки;
- калибровочные коэффициенты ТЛ дозиметров (комплекса);
- показания дозиметров, подвергшихся облучению, и дозиметров сопровождения (фоновых);
- рассчитанные значения индивидуальных эквивалентов дозы за вычетом показаний фоновых дозиметров;
- другие характеристики комплекса по требованию поверяющего органа (например, температурные режимы обработки ТЛ дозиметров, технические характеристики считывателя во время измерения поверочных дозиметров).

7.5.5 Протокол измерения передается в организацию, осуществляющую поверку.

8 Оформление результатов поверки

8.1 На комплекс ТЛД RADOS, прошедший поверку с положительным результатом, выдают свидетельство о поверке 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.

Знак поверки (оттиск поверительного клейма) наносится на свидетельство о поверке.

В свидетельстве указывается (на оборотной стороне):

- тип и номер считывателя;
- среднее показание считывателя от образцового источника света;
- типы и номера ТЛ дозиметров с указанием объемов партий дозиметров, из которых были представлены выборки;
- виды излучения и диапазоны измерения доз и энергий, в которых проводилась поверка;
- коэффициенты калибровки считывателя;
- основная относительная погрешность;
- дополнительная погрешность, связанная с энергетической зависимостью чувствительности дозиметров;
- номер версии и цифровой идентификатор ПО (только в св-ве о первичной поверке).

8.2 На комплекс ТЛД RADOS, не прошедший поверку, выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием причин непригодности.

**Коэффициенты перехода $h_{pk}(10)$ и $h_{pk}(0,07)$ от кермы в воздухе K_a ,
к индивидуальным эквивалентам дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$**

Рекомендованные значения коэффициентов перехода $h_{pk}(10)$ и $h_{pk}(0,07)$ от кермы в воздухе, K_a , к индивидуальным эквивалентам дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ для режимов излучения «с узким спектром» и гамма-излучения от радионуклида цезий-137, помещенного в стандартный коллиматор дозиметрической поверочной установки (по ГОСТ 8.087-2000), при использовании водного фантома размерами 300×300×150 мм, приведены в таблице.

Таблица

Режимы излучения по ISO 4037	$h_{pk}(10)$, Зв/Гр	$h_{pk}(0,07)$, Зв/Гр
N-20	0,27	0,98
N-25	0,55	1,03
N-30	0,79	1,10
N-40	1,17	1,27
N-60	1,65	1,55
N-80	1,88	1,72
N-100	1,88	1,72
N-120	1,81	1,67
N-150	1,73	1,61
N-200	1,57	1,49
N-250	1,48	1,42
Cs-137	1,21	-