

УТВЕРЖДАЮ

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

А.Н. Пронин

М.П.

2019 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Спектрометры-радиометры
цифровые портативные многоканальные
гамма- и рентгеновского излучения
digiDART**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 2104-0002-2008

с изменением № 1

Руководитель отдела
измерений ионизирующих излучений

С.Г. Трофимчук

Руководитель сектора

С.М. Аршанский

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

1	Операции поверки _____	3
2	Средства поверки _____	3
3	Требования к квалификации поверителей _____	4
4	Требования безопасности _____	4
5	Условия поверки _____	5
6	Порядок проведения поверки _____	5
7	Оформление результатов поверки _____	8

Настоящая методика распространяется на спектрометры-радиометры цифровые портативные многоканальные гамма- и рентгеновского излучения digiDART (далее по тексту спектрометры), предназначенные для измерения энергетических спектров гамма-излучающих радионуклидов и рентгеновских излучателей, а также активности (удельной, объемной) гамма-излучающих радионуклидов в пробах и объектах в соответствии с аттестованными методиками (методами) измерений (при использовании в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений), и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

(Измененная редакция, Изм. № 1)

Первичной поверке подлежат все спектрометры до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта или замены устройства детектирования.

(Измененная редакция, Изм. № 1)

Периодической поверке спектрометры подвергаются в процессе эксплуатации.

Интервал между поверками – два года.

(Измененная редакция, Изм. № 1)

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.

Примечание (Введено дополнительно, Изм. № 1)

1 Операции поверки

Объем и последовательность операций поверки спектрометра указаны в таблице 1.

Таблица 1. Объем и последовательность операций поверки спектрометра.

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операций при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6.8.1	Да	Да
2 Опробование	6.8.2	Да	Да
2.1 Проверка работоспособности	6.8.2.1	Да	Да
2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения	6.8.2.2	Да	Да
3 Определение времени установления рабочего режима и нестабильности энергетической характеристики за время непрерывной работы	6.8.3	Да	Нет
4 Определение диапазона энергии регистрируемого излучения и приведенной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности)	6.8.4	Да	Да
5 Определение энергетического разрешения	6.8.5	Да	Да
6 Проверка максимальной входной статистической загрузки	6.8.6	Да	Нет
7 Определение эффективности регистрации фотонов от точечного источника в пике полного поглощения	6.8.7	Да	Да

Таблица 1 (Измененная редакция, Изм. № 1)

2 Средства поверки

При проведении поверки используются следующие средства:

- рабочие эталоны 2 разряда по ГОСТ 8.033-96 - источники фотонного излучения радионуклидные спектрометрические закрытые эталонные ОСГИ-3 (рег. № 46383-11) с активностью от 10^4 до 10^5 Бк с погрешностью не более 6 % (см. табл. 2);

(Измененная редакция, Изм. № 1)

- устройство позиционирования для размещения ОСГИ в определенных (фиксированных) положениях относительно детектора;
- вспомогательные СИ – термометр, психрометр, дозиметр.

Все эталонные источники ионизирующего излучения должны иметь действующие свидетельства о поверке.

Таблица 2. Эталонные источники, используемые при поверке различных типов спектрометров digiDART.

Наименование операции	Тип детектора	Используемые источники
1. Внешний осмотр	Все типы	–
2. Опробование	Все типы	Любой источник из набора ОСГИ, испускающий фотоны с энергиями в пределах рабочего диапазона для данного типа детектора
3. Проверка времени установления рабочего режима и определение нестабильности энергетической характеристики за время непрерывной работы	GEM, SGD-GEM, 905, 2BY2, Scionix GEM-C, GEM-S, GEM-SP, GMX SLP GLP, SGD	^{137}Cs , ^{228}Th , ^{241}Am ^{55}Fe , ^{137}Cs , ^{228}Th ^{241}Am ^{57}Co , ^{241}Am
4. Проверка диапазона энергии регистрируемого излучения и определение приведенной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности).	GEM, SGD-GEM, 905, 2BY2, Scionix GEM-C, GEM-S, GEM-SP, GMX SLP GLP SGD	^{57}Co , ^{60}Co , ^{88}Y , ^{228}Th , ^{241}Am ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{88}Y , ^{228}Th , ^{241}Am ^{55}Fe , ^{241}Am ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{88}Y , ^{133}Ba , ^{137}Cs ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{133}Ba , ^{241}Am
5. Определение энергетического разрешения	GEM, SGD-GEM GLP, SGD SLP GEM-C, GEM-S, GEM-SP, GMX 2BY2, 905, Scionix	^{57}Co , ^{60}Co ^{55}Fe , ^{57}Co ^{55}Fe ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{60}Co ^{137}Cs
6. Проверка максимальной входной статистической загрузки	GEM, GEM-C, GEM-S, GEM-SP, GMX, SGD-GEM 2BY2, 905, Scionix GLP, SGD, SLP	^{60}Co , ^{137}Cs ^{88}Y , ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{55}Fe
7. Определение эффективности регистрации фотонов от точечного источника в пике полного поглощения	GEM, GMX, SGD-GEM 2BY2, 905, Scionix GLP, SGD, SLP	^{60}Co ^{137}Cs ^{241}Am

Таблица 2 (Измененная редакция, Изм. № 1)

Примечание. Допускается использование других источников из комплекта ОСГИ, удовлетворяющих по энергиям испускаемых фотонов и номинальной активности требованиям ГОСТ 26874-86 для измерения соответствующих параметров.

3 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки допускаются лица, прошедшие специальную подготовку и аттестованные в качестве поверителей спектрометрических и радиометрических средств измерений.

4 Требования безопасности

При выполнении измерений с использованием образцовых источников ионизирующих излучений должны быть соблюдены требования следующих документов:

- Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010 СП 2.6.1.2612-10);
(Измененная редакция, Изм. № 1)
- Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009 СанПиН 2.6.1.2523–09);
(Измененная редакция, Изм. № 1)

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха 20 ± 5 °С;
- относительная влажность воздуха $30 \div 80$ %;
- атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа;
- фон внешнего гамма-излучения:
 - при первичной поверке - не более 0,2 мкЗв/ч.;
 - при периодической поверке (в условиях эксплуатации) – не более 0,5 мкЗв/ч.

При выполнении поверки должны быть соблюдены требования соответствующих разделов технических описаний компонентов, входящих в состав спектрометра и Руководства пользователя программного обеспечения.

6 Порядок проведения поверки

6.1 Подготовка спектрометра к поверке должна быть проведена в соответствии с требованиями технической документации на его компоненты и Руководством пользователя программного обеспечения.

6.2 В процессе поверки не разрешается проведение наладочных и настроечных работ, не предусмотренной эксплуатационной документацией.

6.3 При поверке допускается использование средств измерения других типов, метрологические характеристики которых не хуже, чем у указанных в разделе 2.

6.4 При поверке руководствоваться правилами техники безопасности, изложенными в разделе Требования безопасности и соответствующих разделах руководств по эксплуатации испытательного оборудования.

6.5 (Исключен, Изм. № 1).

6.6 Определение линейной градуировочной энергетической характеристики (для п. 4 таблицы 1), энергетического разрешения (п. 5 таблицы 1), эффективности регистрации в пике полного поглощения (п. 7 таблицы 1), а также площадей и положений пиков полного поглощения проводят с помощью соответствующих программных инструментов согласно Руководству пользователя программного обеспечения.

6.7 Определение эффективности регистрации фотонов от точечного источника по п. 7 таблицы 1 проводят в фиксированной геометрии при расположении источника на расстоянии 25 – 250 мм от торца детектора на его оси. При наличии конструктивной возможности размещения источника на расстоянии 250 мм от торца детектора (стандартная геометрия для измерения относительной эффективности детектора, нормируемой в его технических характеристиках) эффективность регистрации по п. 7 таблицы 1 проводят в этой геометрии. В Свидетельстве о поверке приводят описание геометрии измерения эффективности регистрации.

6.8 Проведение поверки

6.8.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- соответствие комплектности требованиям документации,
- надежность крепления соединительных кабелей,
- отсутствие механических повреждений и дефектов на блоках поверяемого спектрометра, которые могут повлиять на его работоспособность.

6.8.2 Опробование

6.8.2.1 Проверка работоспособности

Включить спектрометр в соответствии с РЭ, установить перед детектором любой источник из набора ОСГИ, запустить набор спектра и убедиться в работоспособности спектрометра по информации о наборе спектра в соответствующем окне программного обеспечения

6.8.2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения.

6.8.2.2.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) спектрометра digiDART включает:

- проверку наличия и соответствия идентификационного наименования и номера версии программного модуля ПО;

- проверку цифрового идентификатора программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода) программного модуля ПО.

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

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО, приведенные в описании типа.

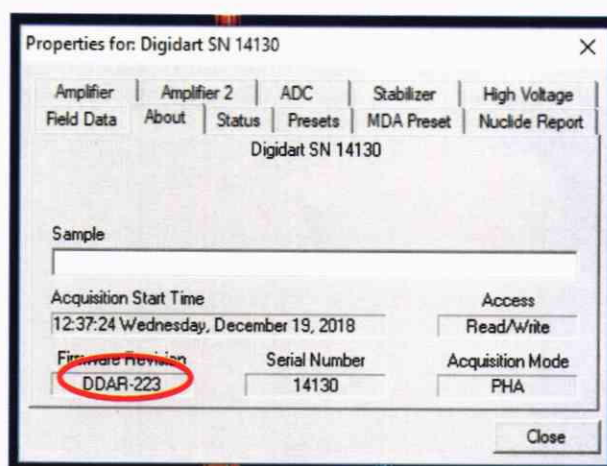
Идентификационные данные (признаки)	Значения		
	Встроенное	Автономное	
Наименование ПО	digiDART	MAESTRO MCA Emulator for Microsoft® Windows	
		A65-B32	A65-BW
Идентификационное наименование ПО	DDART	Mca32.exe	Mca32.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	214	6.08 ¹⁾	7.01 ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО	недоступен	20F273507074677CD 1115465063D9C3F ²⁾	9F1D4EBA5FD9C812 078257F9E2FA5584 ²⁾
Алгоритм получения цифрового идентификатора	-	MD5	MD5

¹⁾ Номер версии ПО не ниже указанного в таблице.
²⁾ Контрольная сумма относится к версии ПО, указанной в таблице.

6.8.2.2.3 Наименование и номер версии встроенного программного обеспечения (ПО) анализатора digiDART доступны при подключении анализатора по USB кабелю к ПК на дисплее анализатора (см. рис. 1а) или в программе MAESTRO в главном меню программы кнопки Acquire-MCB Properties-About (см. рис 1б)



а

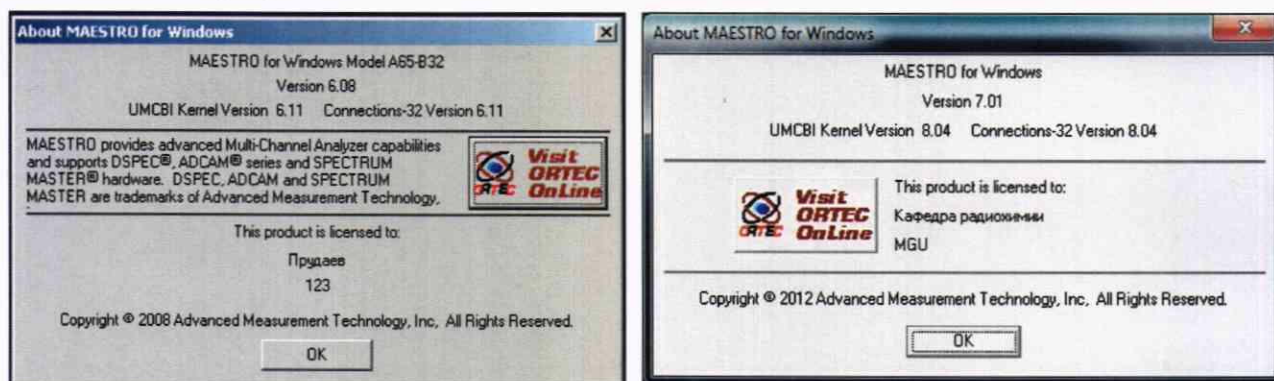


б

Рис. 1. Наименование и номер версии встроенного программного обеспечения

6.8.2.2.4 Для автономного ПО MAESTRO проверяют наличие программного модуля Mca32.exe в каталоге C:\Program Files\Maestro\ или C:\Program Files (x86)\Maestro\ (для 64-разрядной операционной системы).

6.8.2.2.5 Определение номера версии (идентификационного номера) ПО MAESTRO выполняются в главном меню программы (см. рис. 2) нажатием кнопки File-About Maestro в меню главного окна программы.



модель А65-В32

модель А65-ВW

Рис. 2 Вид экранной формы About Maestro.

6.8.2.2.6 Выполняют операции по определению цифрового идентификатора исполняемого файла Msa32.exe. Вычисление цифрового идентификатора производят посредством подсчета контрольной суммы по методу MD5 с помощью программы MD5_FileChecker или аналогичной.

6.8.2.2.7 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».

6.8.3 Проверка времени установления рабочего режима и определение нестабильности энергетической характеристики за время непрерывной работы.

6.8.3.1 Для проверки использовать источники ОСГИ с радионуклидами в соответствии с п. 3 таблицы 2.

6.8.3.2 Проверку проводить в соответствии с ГОСТ 26874-86 п. 6.3.

Результаты проверки по п. 6.8.3 считаются положительными, если при начале измерений через 5 минут после включения спектрометра (время установления рабочего режима) нестабильность энергетической характеристики за 8 часов непрерывной работы не превышает 0,05% (для ППД) и 2% (для сцинтилляционного детектора), соответственно.

6.8.4 Проверка диапазона энергии регистрируемого излучения и определение приведенной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности).

6.8.4.1 Для проверки использовать источники ОСГИ с радионуклидами в соответствии с п. 4 таблицы 2.

6.8.4.2 Определение проводить в соответствии с ГОСТ 26874-86 п.4.5.

6.8.4.3 Результаты проверки по п. 6.8.4 считаются положительными, если погрешность характеристики преобразования (интегральная нелинейность) спектрометра не превышает 0,025% (для ППД) и 0,5% (для сцинтилляционного детектора) в рабочем (для данной серии детекторов) диапазоне энергий.

6.8.5 Определение энергетического разрешения

6.8.5.1 Для проверки использовать источники ОСГИ с радионуклидами в соответствии с п. 5 таблицы 2.

6.8.5.2 Определение проводить в соответствии с ГОСТ 26874-86 пп.3.3.7-3.3.9.

6.8.5.3 Результаты проверки по п. 6.8.5 считаются положительными, если разрешение не превышает предельного значения для соответствующего типа детектора, приведенного в паспорте детектора.

6.8.6 Проверка максимальной входной статистической загрузки

6.8.6.1 Для проверки использовать источники ОСГИ с радионуклидами в соответствии с п. 6 таблицы 2.

6.8.6.2 Определение проводить в соответствии с ГОСТ 26874-86 п.5.3.

6.8.6.3 Результаты проверки по п. 6.8.6 считаются положительными, если при изменении загрузки от 10^3 до максимальной сдвиг пика не более 0.3%, уширение пика не более 50%.

6.8.7 Определение эффективности регистрации фотонов от точечного источника в пике полного поглощения

6.8.7.1 Для проверки использовать источники ОСГИ с радионуклидами в соответствии с п. 7 таблицы 2. Геометрию измерений выбирать в соответствии с рекомендациями п. 6.7.

6.8.7.2 Определение проводить соответствии с ГОСТ 26874-86 п.4а.

6.8.7.3 В Свидетельство о первичной поверке вносят измеренное значение эффективности регистрации ε_{0i} и ее погрешности $\Delta\varepsilon_{0i}$. При периодической поверке проверяют сохранность эффективности регистрации, сравнивая полученное значение ε_i с исходным значением ε_{0i} по формуле:

$$|\bar{\varepsilon}_i - \varepsilon_{0i}| \leq \sqrt{\Delta_i^2 + \Delta_{0i}^2}$$

6.8.7.4 Результаты периодической проверки по п. 6.8.7 считаются положительными, если выполняется соотношение п. 6.8.7.3.

Подраздел 6.8 (Введен дополнительно, Изм. № 1)

7 Оформление результатов поверки

7.1 Результат поверки признают положительным, если с положительными результатами выполнены операции по п.п. 6.8.1-6.8.7. Все результаты заносятся в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А.

7.2 При положительных результатах поверки, выдается Свидетельство о первичной поверке установленной формы

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

7.3 На оборотной стороне свидетельства о поверке указывают:

- метрологические характеристики, определенные при поверке;
- идентификационные данные программного обеспечения спектрометра.

7.4 При отрицательных результатах поверки спектрометр к применению не допускается. На него выдается извещение о непригодности установленной с указанием причин непригодности.

Раздел 7 (Измененная редакция, Изм. № 1)

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки

Протокол поверки

№ _____ от _____ 20__ г.

Объект поверки: Спектрометр-радиометр цифровой портативный многоканальный гамма- и рентгеновского излучения digiDART в составе:

- Детектор полупроводниковый (сцинтилляционный)
 - Модель: _____;
 - s/n: _____,
- Многоканальный анализатор
 - Модель: _____;
 - s/n: _____,
- Программное обеспечение MAESTRO A65-B _____

Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений: 23179-08

Заказчик:

Серия и номер знака предыдущей поверки (если имеются):

Дата предыдущей поверки:

Место проведения поверки: _____

(наименование организации)

Время проведения поверки: _____

Условия проведения поверки:

- температура окружающего воздуха _____;
- относительная влажность воздуха _____;
- атмосферное давление _____.

Вид поверки: первичная (периодическая)

Наименование нормативного документа при поверке: МП 2104-0002-2008 «Спектрометры-радиометры цифровые портативные многоканальные гамма- и рентгеновского излучения digiDART. Методика поверки», с изменением № 1.

Средства измерений и вспомогательное оборудование:

1 Внешний вид:

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

Внешние повреждения прибора *отсутствуют (присутствуют)*.

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

2 Опробование

Прибор *работоспособен (не работоспособен)*.

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

Результаты проверки работоспособности *положительные (отрицательные)*.

Соответствие программного обеспечения (ПО):

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
	Встроенное	Автономное
Наименование ПО		MAESTRO MCA Emulator for Microsoft Windows A65-B32 (A65-BW)
Идентификационное наименование ПО		Mca32.exe
Номер версии ПО		
Цифровой идентификатор ПО	недоступен	
Алгоритм получения цифрового идентификатора	-	MD5

Результаты проверки соответствия ПО *положительные (отрицательные)*.

Результаты опробования *положительные (отрицательные)*.

3 Проверка времени установления рабочего режима и определение неустойчивости энергетической характеристики за 8 часов непрерывной работы

Время после включения прибора, мин	Положение центра, кан	
	Z1 (____ кэВ)	Z2 (____ кэВ)
5		
60		
120		
180		
240		
300		
360		
420		
480		
Среднее		
СКО (S)		

$$D_{t0} = \frac{K \cdot S_{\max}}{E_{\max}} \cdot 100 = \text{_____} \%$$

Допустимое значение неустойчивости энергетической характеристики за 8 часов непрерывной работы: не более 0,05%

Результаты проверки времени установления рабочего режима и определения неустойчивости энергетической характеристики за 8 часов непрерывной работы *положительные (отрицательные)*.

4 Определение рабочего диапазона энергии регистрируемого гамма – излучения и приведенной погрешности характеристики преобразования (ИНЛ).

Нуклид	E_{0i} , кэВ	Z_i , кан.	$E_{расч}$, кэВ	$\Delta E = E_{0i} - E_{расч}$, кэВ
$ИНЛ = \Delta E_{макс} / E_{макс} \cdot 100\% = \underline{\quad\quad} / \underline{\quad\quad} \cdot 100\% = \underline{\quad\quad}\%$				
Диапазон энергии регистрируемого излучения – от ___ до ___ кэВ, интегральная нелинейность – ___ % не превышает предельного значения, равного 0,025 %				

Результаты определения рабочего диапазона энергии регистрируемого гамма – излучения и приведенной погрешности характеристики преобразования (ИНЛ) *положительные (отрицательные)*.

5 Определение энергетического разрешения

Энергия, кэВ (радионуклид)	Энергетическое разрешение, кэВ	
	Измеренное	Предельно допустимое

Результаты определения энергетического разрешения *положительные (отрицательные)*.

6 Определение максимальной статистической загрузки:

Загрузка I_i, c^{-1}	Центр пика (_____ кэВ) k , канал	ПШП $_i$ (_____ кэВ) R , кэВ	Скорость счета (_____ кэВ) n , c^{-1}	$(k_i - k_0) / k_0$, %	$(R_i - R_0) / R_0$, %	$(n_i - n_0) / n_0$, %

По результатам испытаний, в качестве максимально допустимой интегральной статистической загрузки (I_{max}, c^{-1}) принято значение _____ c^{-1} .

Требуемое значение максимально допустимой статистической загрузки спектрометрического тракта:
не менее 100000 c^{-1} .

Результаты определения максимальной статистической загрузки *положительные (отрицательные)*.

7 Определение эффективности регистрации фотонов от точечного источника в пике полного поглощения.

Радионуклид _____, Энергия _____ кэВ

Геометрия измерения: _____ мм над торцом детектора.

Эффективность регистрации гамма-квантов в ППП _____ кэВ, имп./квант					
Первичная поверка		Очередная поверка		$ \bar{\epsilon}_i - \epsilon_{0i} \leq \sqrt{\Delta_i^2 + \Delta_{0i}^2}$	
ϵ_{0i}	Δ_{0i}^2	$\bar{\epsilon}_i$	Δ_i^2	$ \bar{\epsilon}_i - \epsilon_{0i} $	$\sqrt{\Delta_i^2 + \Delta_{0i}^2}$

Результаты определения эффективности регистрации фотонов *положительные (отрицательные)*.

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

Спектрометр-радиометр цифровой портативный многоканальный гамма- и рентгеновского излучения digiDART в составе:

- Детектор _____
 - _____;
 - _____;
- Многоканальный анализатор
 - _____;
 - _____;

годен (не годен) к применению.

Выдано свидетельство о поверке № (извещение о непригодности №)

Дата поверки: _____

Поверитель _____

Приложение А (Введено дополнительно, Изм. № 1)