



**СОДЕРЖАНИЕ**

стр.

1	Операции поверки _____	3
2	Средства поверки _____	3
3	Требования к квалификации поверителей _____	4
4	Требования безопасности _____	4
5	Условия поверки _____	4
6	Подготовка к поверке _____	4
7	Порядок проведения поверки _____	4
8	Оформление результатов поверки _____	10
	Приложение А ( <i>рекомендуемое</i> ) Протокол поверки _____	11

Настоящая методика распространяется на гамма-спектрометры InSpector 1000/CZT (далее – спектрометры), предназначенные для измерения энергетического распределения гамма-излучения и идентификации гамма-излучающих радионуклидов, а также для измерения активности гамма-излучающих радионуклидов в пробах и объектах (при наличии соответствующих градуировок и аттестованных методик измерений) и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Первичной поверке подлежат все спектрометры InSpector 1000/CZT до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта или замены блока детектирования.

Периодической поверке спектрометры InSpector 1000/CZT подвергаются в процессе эксплуатации. Интервал между поверками – два года.

## 1 Операции поверки

Объем и последовательность операций поверки спектрометров InSpector 1000/CZT указаны в табл. 1.

Таблица 1.

№	Операция поверки	Вид поверки		Номер пункта МП
		Первичная	Периодическая	
1	Внешний осмотр	+	+	7.1
2	Опробование	+	+	7.2
3	Определение нестабильности энергетической характеристики за время непрерывной работы	+	–	7.3
4	Определение диапазона энергии регистрируемого излучения и предела относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности)	+	–	7.4
5	Определение энергетического разрешения	+	+	7.5
6	Определение максимальной входной статистической загрузки	+	–	7.6
7	Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения гамма-квантов от точечного источника $^{137}\text{Cs}$ в стандартной геометрии измерения	+	+	7.7
8	Подтверждение соответствия программного обеспечения	+	+	7.8
9	Оформление результатов поверки	+	+	8

## 2 Средства поверки

При проведении поверки используются следующие средства:

- набор источников фотонного излучения радионуклидных спектрометрических закрытых эталонных ОСГИ-3 № г/р 46383-11 из радионуклидов  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  активностью от  $10^4$  до  $10^5$  Бк с погрешностью не более  $\pm 4\%$ ;
- вспомогательные СИ:

психрометр М-34 или аналогичный,  
барометр БАММ-1 или аналогичный,  
дозиметр ДКС-АТ 1121 или аналогичный.

Все средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.

Примечание. Допускается использование других источников из комплекта ОСГИ, удовлетворяющих по энергиям испускаемых фотонов 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 радиометрических средств измерений.

### 4 Требования безопасности

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

- «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)»;
- «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»;

### 5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха  $20 \pm 10$  °С;
- относительная влажность воздуха  $30 \div 80$  %;
- атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа;
- фон внешнего гамма-излучения не более 0,2 мкЗв/ч.

### 6 Подготовка к поверке

6.1 Перед проведением поверки необходимо убедиться в наличии:

- технической документации: руководства по эксплуатации на спектрометры InSpector 1000/CZT; паспортов или сертификатов на блоки детектирования;
- свидетельства о поверке (при проведении периодической поверки);
- средств, используемых для поверки.

6.2 Убедиться, что используемые эталонные источники и установка имеют действующие свидетельства о государственной поверке.

6.3 Подготовка спектрометра InSpector 1000/CZT к поверке должна быть проведена в соответствии с требованиями технической документации. В процессе поверки не разрешается проведение наладочных и настроечных работ, не предусмотренной эксплуатационной документацией.

### 7 Порядок проведения поверки

7.1 Внешний осмотр.

При проведении внешнего осмотра устанавливают:

- соответствие комплектности требованиям документации на спектрометр InSpector 1000/CZT (в соответствии с поставкой),
- надежность крепления соединительного кабеля,
- отсутствие механических повреждений и дефектов на блоках детектирования, интерфейсном блоке и блоке многоканального анализатора спектрометра.

7.2 Опробование.

7.2.1 Включают спектрометр. Все дальнейшие операции по набору и обработке спектров проводят согласно документам «Гамма-спектрометр InSpector 1000/CZT. Руководство по эксплуатации». После установления рабочего режима устанавливают любой источник из

набора ОСГИ перед детектором, запускают набор спектра и убеждаются в работоспособности спектрометра по информации на дисплее.

7.3 Определение нестабильности энергетической характеристики за время непрерывной работы.

7.3.1 С помощью устройства позиционирования на блок детектирования устанавливают источники из набора ОСГИ, испускающие гамма-кванты с энергиями, соответствующими началу, середине и концу энергетического диапазона, например,  $^{241}\text{Am}$  (59,5 кэВ) и  $^{88}\text{Y}$  (898 и 1836 кэВ). Расстояние от источников до детектора выбирают таким образом, чтобы интегральная загрузка спектрометра была не более 5000 имп./с.

Примечание. Загрузку спектрометра можно оценить, переведя прибор в режим «Поиск», по линейному индикатору «Скорость счета гамма» (см. раздел 13.2.2 Руководства по эксплуатации).

7.3.2 Проводят измерение спектра гамма-излучения источников. Время экспозиции устанавливают из условия, чтобы число импульсов в каждом выбранном пике полного поглощения (ППП) было не менее 5000. Спектр сохраняют в памяти InSpector 1000 для последующей обработки.

Примечание. Для возможности контроля числа импульсов в ППП во время набора спектра необходимо в диалоге предустановок МКА выключить анализ off-line (см. раздел 13.4.4.3 Руководства по эксплуатации). Число импульсов в ППП наблюдают в строке данных окна режима «Спектр» в режиме зоны интересов (см. раздел 13.4.2 Руководства по эксплуатации), установив курсор на область соответствующего ППП.

7.3.3 В течение времени непрерывной работы (8 часов), не изменяя настроек спектрометра, через примерно равные промежутки времени проводят не менее 10 измерений по п. 7.3.2.

7.3.4 Подключают спектрометр InSpector 1000 к управляющему компьютеру и спектры, набранные и сохраненные по пп. 7.3.2 и 7.3.3, записывают на жесткий диск управляющего компьютера (см. раздел 14.2.3 Руководства по эксплуатации).

7.3.5 Проводят обработку спектров с помощью программы «Набор и анализ гамма-спектров» спектрометрической системы Genie-2000. В каждом спектре определяют положения (в каналах амплитудного анализатора) центроид пиков полного поглощения  $Z_{1i}$ ,  $Z_{2i}$ , и  $Z_{3i}$ , соответствующие началу, середине и концу энергетического диапазона

7.3.6 Рассчитывают средние значения положения центроид каждого пика по следующим формулам:

$$\bar{Z}_1 = \frac{\sum Z_{1i}}{m}; \quad \bar{Z}_2 = \frac{\sum Z_{2i}}{m}; \quad \bar{Z}_3 = \frac{\sum Z_{3i}}{m}, \quad (1)$$

где  $m$  – число измерений (спектров);

$i$  – номер измерения.

7.3.7 Вычисляют средние квадратические отклонения  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  для каждого пика.

Значение  $S_j$  ( $j=1$  и  $2$ ) вычисляются по формуле:

$$\bar{S}_j = \sqrt{\frac{\sum (Z_{ji} - \bar{Z}_j)^2}{m-1}}; \quad (2)$$

7.3.8 Из полученных значений  $S_j$  выбирают максимальное  $S_{max}$ . Долговременную нестабильность в процентах  $D_{10}$  вычисляют по формуле:

$$D_{t0} = \frac{K \cdot S_{\max}}{E_{\max}} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $K$  – энергетическая цена ширины канала анализатора InSpector 1000;

$E_{\max}$  – конечное значение энергии из проверяемого диапазона, кэВ.

7.3.9 Результат поверки считают положительным, если  $D_{t0}$  не превышает 1 %.

7.4 Определение диапазона энергии регистрируемого излучения и предела относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности).

7.4.1 Помещают напротив торца детектора спектрометра гамма-излучения источника Am-241, Eu-152, и Y-88 из комплекта ОСГИ таким образом, чтобы статистическая нагрузка спектрометрического тракта была в пределах от 1000 до 10000 имп./с.

7.4.2 Выполняют измерение спектра гамма-излучения от указанных источников с сохранением файла аппаратного спектра на жестком диске. Время экспозиции выбирают таким, чтобы площадь фотопиков, соответствующих энергиям 59.5 (Am-241), 121.8 (Eu-152), 344.3 (Eu-152), 778.9 (Eu-152), 964.1 (Eu-152), 1112.1 (Eu-152), 1408.0 (Eu-152), 1836.0 (Y-88) кэВ составляла не менее 5000 импульсов (см. примечание к п. 7.3.1). Спектр сохраняют в памяти InSpector 1000 для последующей обработки.

7.4.3 Подключают спектрометр InSpector 1000 к управляющему компьютеру и спектры, набранные и сохраненные по пп. 7.4.2 и 7.4.3, записывают на жесткий диск управляющего компьютера (см. раздел 14.2.3 Руководства по эксплуатации).

7.4.4 Проводят обработку спектров с помощью программы «Набор и анализ гамма-спектров» спектрометрической системы Genie-2000. В каждом спектре определяют положения (в каналах амплитудного анализатора) центроид пиков полного поглощения  $N_i$  и соответствующие им справочные данные энергий гамма-квантов  $E_{0i}$ . Определяют характеристику преобразования спектрометра в виде линейной зависимости  $E = A \cdot N + B$ .

7.4.5 По полученной характеристике преобразования рассчитывают экспериментальные значения энергий  $E_i$ , соответствующие положениям пиков полного поглощения  $N_i$ , сравнивают их с энергиями испущенных источниками гамма-квантов  $E_{i0}$  и определяют отклонения по формуле:

$$\Delta E_i = |E_i - E_{i0}|. \quad (4)$$

7.4.6 Выбирают максимальное значение из полученных разностей ( $\Delta E_i^{\max}$ ) и рассчитать интегральную нелинейность (ИНЛ) по формуле:

$$\Delta E_i = (\Delta E_i^{\max} / E_{\max}) \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где  $E_{\max}$  – верхняя граница измеряемого диапазона энергий, кэВ.

7.4.7 Измерение интегральной нелинейности спектрометрического тракта одновременно является проверкой рабочего диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения.

7.4.8 Результат поверки считают положительным, если полученное значение ИНЛ не превышает  $\pm 0,5$  % в рабочем диапазоне энергий регистрируемого гамма-излучения.

7.5 Определение энергетического разрешения.

7.5.1 С помощью устройства позиционирования на блок детектирования устанавливают источник ОСГИ  $^{137}\text{Cs}$ . Расстояние от источника до детектора выбирают таким образом, чтобы интегральная нагрузка спектрометра была не более 5000 имп./с (см. примечание к п. 7.3.1).

7.5.2 Проводят измерение спектра гамма-излучения источника. Время экспозиции устанавливают из условия, чтобы число импульсов в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ было не менее 10000 (см. примечание к п. 7.3.2).

7.5.3 Разрешение по линии 661,7 кэВ наблюдают на информационной странице «Зоны» окна режима «Спектр» (см. раздел 13.4.2 Руководства по эксплуатации), установив курсор на область соответствующего ППП.

7.5.4 Результат поверки считают положительным, если полученные значения энергетического разрешения не превышают:

- для блоков детектирования CZT-005S, CZT-020S - 10 кэВ;
- для блоков детектирования CZT-060S - 15 кэВ;
- для блоков детектирования CZT-500S - 20 кэВ.

7.6 Определение максимальной входной статистической загрузки.

7.6.1 С помощью устройства позиционирования на блок детектирования устанавливают источник с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$ , при этом, интегральная загрузка спектрометра должна быть не более 1000 имп./с (см. примечание к п. 7.3.1).

7.6.2 Измеряют первый спектр и сохраняют его в памяти InSpector 1000 для последующей обработки.

7.6.3 Последовательно приближая детектор к источнику или добавляя дополнительные источники, проводят последовательные измерения спектров с увеличением статистической загрузки до значения, превышающего максимально допустимую на 10-20%. Спектры сохраняют в памяти InSpector 1000 для последующей обработки.

7.6.4 Подключают спектрометр InSpector 1000 к управляющему компьютеру и спектры, набранные и сохраненные по пп. 7.6.2 и 7.6.3, записывают на жесткий диск управляющего компьютера (см. раздел 14.2.3 Руководства по эксплуатации).

7.6.5 Проводят обработку спектров с помощью программы «Набор и анализ гамма-спектров» спектрометрической системы Genie-2000. В спектре, измеренном по п.7.6.2, определяют положение  $k_0$ , разрешение  $R_0$  фотопика с энергией 661.7 кэВ и значение входной статистической загрузки спектрометрического тракта  $I_0$ . В спектрах, измеренных по п.7.6.3, определяют положение  $k_i$  и разрешение  $R_i$  фотопика с энергией 661.7 кэВ и значение входной статистической загрузки спектрометра  $I_i$ .

7.6.6 По зависимостям относительных изменений  $(k_i - k_0)/k_0$  и  $R_i/R_0$  от загрузки  $I_i$  определяют значения загрузки  $I_{kmax}$  и  $I_{Rmax}$ , при которых относительные изменения достигают соответственно 0.005 и 2.0. За максимальное значение допустимой статистической загрузки спектрометрического тракта ( $I_{max}$ , имп./с) принимают минимальное из значений  $I_{kmax}$  и  $I_{Rmax}$ .

7.6.7 Результат поверки считают положительным, если значение  $I_{max}$  не менее 50000 с<sup>-1</sup>.

7.7 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения гамма-квантов от точечного источника  $^{137}\text{Cs}$  в стандартной геометрии измерения.

7.7.1 Определение эффективности регистрации фотонов от точечного источника проводят в фиксированной геометрии при расположении источника на расстоянии 25 – 250 мм от торца детектора на его оси. В Свидетельстве о поверке приводят описание геометрии измерения эффективности регистрации. При периодической поверке проверяют сохранность эффективности регистрации в геометрии предыдущей поверки.

7.7.2 С помощью устройства позиционирования на блок детектирования устанавливают источник ОСГИ с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  в стандартной геометрии измерения. Активность источника должна быть такой, чтобы загрузка входа спектрометра не превышала 5000 имп./с (см. примечание к п. 7.3.1).

7.7.3 Проводят измерение спектра гамма-излучения источника. Время экспозиции устанавливают из условия, чтобы число импульсов в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ было не менее 10000 (см. примечание к п. 7.3.2). Спектр сохра-

няют в памяти InSpector 1000 для последующей обработки. Повторяют измерения не менее 10 раз.

7.7.4 Подключают спектрометр InSpector 1000 к управляющему компьютеру и спектры, набранные и сохраненные по п. 7.7.3, записывают на жесткий диск управляющего компьютера.

7.7.5 Проводят обработку спектров с помощью программы «Набор и анализ гамма-спектров» спектрометрической системы Genie-2000. В каждом спектре определяют эффективность регистрации гамма-квантов с энергией 661,7 кэВ в пике полного поглощения с помощью инструмента "Калибровка по эффективности" спектрометрической системы Genie-2000.

7.7.6 Вычисляют средние значения эффективности регистрации  $\bar{\varepsilon}(E_i)$  по выполненным измерениям:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum \varepsilon_i}{m}, \text{ имп./квант} \quad (6)$$

где  $\varepsilon_i$  – результат  $i$ -го наблюдения;

$m$  – число наблюдений.

7.7.7 Погрешность определения  $\bar{\varepsilon}$  вычисляют следующим образом. Оценивают относительную величину среднего квадратического отклонения  $\delta_{\bar{\varepsilon}}$  по формуле:

$$\delta_{\bar{\varepsilon}} = \frac{1}{\bar{\varepsilon}} \cdot \sqrt{\frac{\sum (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}{(m-1) \cdot m}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

Границы абсолютной погрешности определения эффективности для 95% доверительного интервала при  $m$  наблюдениях :

$$\Delta = \frac{\bar{\varepsilon}}{100} \cdot \frac{(\delta_{A0} + t_m \cdot \delta_{\bar{\varepsilon}})}{\sqrt{\frac{1}{3} \delta_{A0}^2 + \delta_{\bar{\varepsilon}}^2}} \sqrt{\delta_{\bar{\varepsilon}}^2 + \frac{1}{3} \delta_{A0}^2}, \text{ имп./квант} \quad (8)$$

где  $\delta_{A0}$  – относительная погрешность аттестации активности эталонного источника (из свидетельства на источник), %;

$t_m$  – коэффициент Стьюдента для  $m$  наблюдений и  $P=0,95$  (для 10 наблюдений  $t_{10}=2,3$ ).

7.7.8 При первичной поверке результат определения эффективности регистрации и погрешность его определения заносят в свидетельство о поверке с описанием геометрии измерения.

7.7.9 Результат периодической поверки считают положительным, если полученное значение эффективности удовлетворяет условию:

$$|\bar{\varepsilon} - \varepsilon_0| \leq \sqrt{\Delta^2 + \Delta_0^2}, \quad (9)$$

где  $\bar{\varepsilon}$  и  $\varepsilon_0$  – соответственно измеренное и определенное при первичной поверке значение эффективности для соответствующей линии, имп./квант;

$\Delta$  и  $\Delta_0$  – погрешности  $\bar{\varepsilon}$  и  $\varepsilon_0$  ( $P=0,95$ ), имп./квант.

7.8 Подтверждение соответствия программного обеспечения.

Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) спектрометра проводят идентификацией ПО и проверкой обеспечения защиты ПО от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов измерений.

На первом этапе проверяют утилиту обслуживания спектрометра, установленную на внешнем управляющем компьютере:



- проверяют наличие, идентификационное наименование и номер версии утилиты обслуживания спектрометра InSp1k.exe в папке C:\Canberra\Inspector1000\. Определение номера версии утилиты обслуживания спектрометра Maintenance выполняется после ее запуска нажатием кнопки «Справка – О программе» в меню главного окна программы (см. рис. 1).

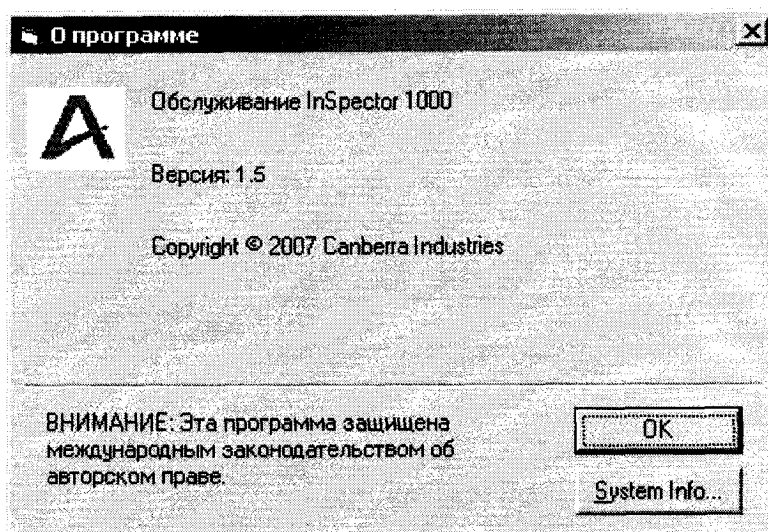


Рис. 1

- определяют цифровой идентификатор утилиты обслуживания спектрометра. Вычисление цифрового идентификатора производят посредством подсчета контрольной суммы по методу MD5с помощью внешней программы стороннего разработчика (пример использования такой программы приведен на рис. 2).

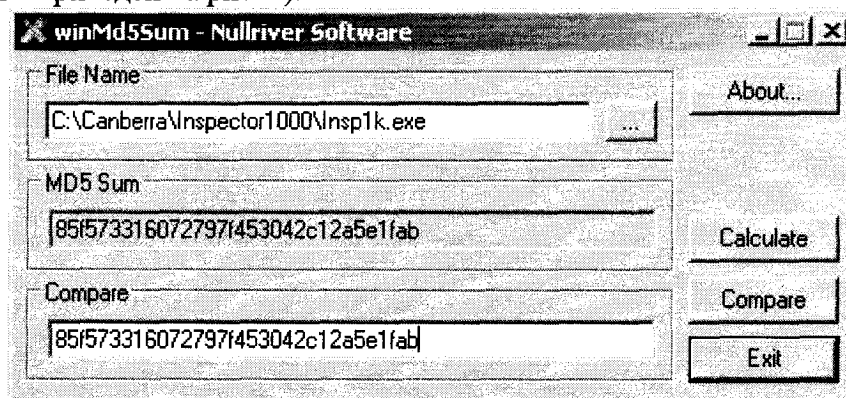


Рис. 2

Определенные при первичной проверке номер версии и цифровой идентификатор заносят в свидетельство о первичной проверке. Соответствие при периодической проверке подтверждается сравнением идентификационного наименования, номера версии и вычисленного цифрового идентификатора со значениями, указанными в «Свидетельстве о первичной проверке».

На втором этапе проверяют установленное на встроенный компьютер спектрометра программное обеспечение InSp1k 1000:

- подключают спектрометр InSp1k 1000/CZT к внешнему управляющему компьютеру с помощью специального кабеля;

- включают спектрометр, при этом спектрометр должен автоматически перейти в режим загрузки программного обеспечения, самоконтроля и проверки работоспособности. Во время вывода на экран окна первоначальной загрузки контролируют наименование программного обеспечения, номер версии и номер сборки (см. рис 3);

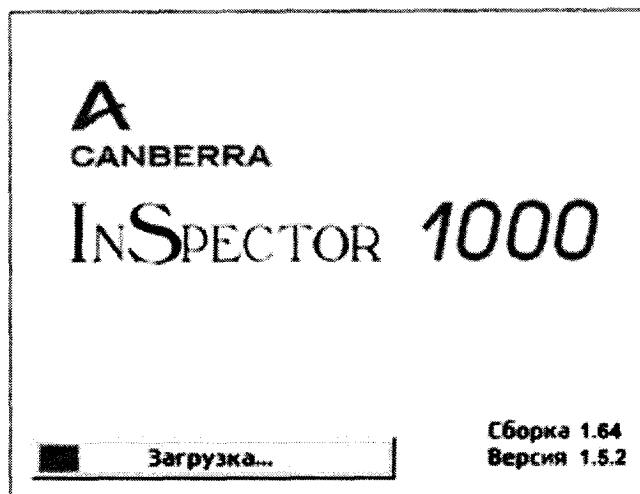


Рис. 3

- с помощью файлового менеджера, установленного на внешнем управляющем компьютере, открывают папку MobileDevice\Geniece\EXEFILES и копируют на внешний компьютер файлы Analyze.exe и In1kExe.exe;

- определяют цифровой идентификатор файлов Analyze.exe и In1kExe.exe. подсчетом контрольной суммы по методу MD5.

Определенные при первичной поверке номер версии, номер сборки и цифровой идентификатор заносят в свидетельство о первичной поверке. Соответствие программного обеспечения при периодической поверке подтверждается сравнением идентификационного наименования, номера версии, номера сборки и вычисленного цифрового идентификатора значениями, указанными в «Свидетельстве о первичной поверке».

## 8 Оформление результатов поверки

8.1 При проведении поверки необходимо вести «Протокол поверки» по форме, приведенной в приложении А.

8.2 При положительных результатах первичной поверки или поверки после ремонта, выдается Свидетельство о первичной поверке установленной формы с изложением результатов поверки, подписью поверителя, штампом организации, производшей поверку, и с указанием даты поверки.

8.3 При положительных результатах периодической поверки выдается Свидетельство о поверке установленной формы с изложением результатов поверки, подписью поверителя, штампом организации, производшей поверку, и с указанием даты поверки.

8.4 При отрицательных результатах поверки спектрометр к применению не допускается. На него выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием причин, а свидетельство аннулируется.





Т а б л и ц а 4.7.1

Эффективность регистрации гамма-квантов в ППП 661.7 кэВ, имп./квант					
Первичная поверка		Очередная поверка		$ \bar{\varepsilon}_i - \varepsilon_{0i}  \leq \sqrt{\Delta_i^2 + \Delta_{0i}^2}$	
$\varepsilon_{0i}$	$\Delta_{0i}^2$	$\bar{\varepsilon}_i$	$\Delta_i^2$	$ \bar{\varepsilon}_i - \varepsilon_{0i} $	$\sqrt{\Delta_i^2 + \Delta_{0i}^2}$

## 4.8. Результаты проверки соответствия программного обеспечения

Вид проверки	Результат проверки
Проверка наличия программных модулей ПО	C:\Canberra\Inspector1000\Insp1k.exe Mobile Device\GenieCE\EXEFILES\Analyze.exe Mobile Device\GenieCE\EXEFILES\In1kExe.exe
Проверка номера версии программных модулей ПО	Insp1k.exe v. _____ Analyze.exe v. _____ In1kExe.exe v. _____
Определение цифровых идентификаторов (контрольной суммы исполняемого кода) программного обеспечения	Insp1k.exe: _____ Analyze.exe: _____ In1kExe.exe: _____

**Заключение** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Поверитель \_\_\_\_\_

личная подпись

\_\_\_\_\_

расшифровка подписи

\_\_\_\_\_

год, месяц, число