

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
ЗАО «Канберра – Паккард Трейдинг  
Корпорейшн»

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

С.В. Завялец



Н.И. Ханов

« \_\_\_\_\_ 2015

« 10 » \_\_\_\_\_ 2015

## Гамма-спектрометры сцинтилляционные OSPREY-NS

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 2104-001-2015

шр. 61575-15

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

 С.Г. Трофимчук  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**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 _____	11
	Приложение А (рекомендуемое) Протокол поверки _____	12

Настоящая методика распространяется на гамма-спектрометры сцинтилляционные OSPREY-NS (далее – спектрометры), предназначенные для измерения энергий испускаемых радионуклидами гамма-квантов и активности гамма-излучающих радионуклидов в пробах (при наличии соответствующих градуировок и аттестованных методик измерений) и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Настоящая методика распространяется на гамма-спектрометры, состоящие из многоканального анализатора импульсов Osprey-DTA в комплекте со сцинтилляционным блоком детектирования одного из следующих исполнений:

- исполнение с блоком детектирования 802-2X2;
- исполнение с блоком детектирования 802-2x2W;
- исполнение с блоком детектирования 802-3x3;
- исполнение с блоком детектирования 802-3x3W;
- исполнение с блоком детектирования LABR-1.5X1.5

Первичной поверке подлежат все спектрометры при ввозе по импорту, а также после ремонта или замены блока детектирования.

Периодической поверке спектрометры подвергаются в процессе эксплуатации.

Интервал между поверками – два года.

## 1 Операции поверки

Объем и последовательность операций поверки спектрометров 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 диапазона энергии регистрируемого излучения и относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности)	+	+	7.3
4	Определение энергетического разрешения	+	+	7.4
5	Определение максимальной входной статистической загрузки	+	–	7.5
6	Определение нестабильности энергетической характеристики за время непрерывной работы	+	–	7.6
8	Подтверждение соответствия программного обеспечения	+	+	7.7
9	Оформление результатов поверки	+	+	8

## 2 Средства поверки

При проведении поверки используются следующие средства:

- рабочие эталоны 2-го разряда – радионуклидные источники фотонного излучения по ГОСТ 8.033-96 из радионуклидов  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{57}\text{Co}$  активностью от  $10^4$  до  $10^5$  Бк, аттестованные по активности радионуклида в источнике с погрешностью не более  $\pm 4\%$ ;
- устройство позиционирования для размещения радионуклидных источников в определенных (фиксированных) положениях относительно детектора;

– 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 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)»;
- «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 и паспорта на гамма - спектрометры OSPREY-NS;
- свидетельства о поверке (при проведении периодической поверки);
- средств, используемых для поверки.

6.2 Подготовка гамма - спектрометра OSPREY-NS к поверке должна быть проведена в соответствии с требованиями технической документации и Руководством пользователя спектрометрической системы Genie-2000.

6.3 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 гамма – спектрометр OSPREY-NS (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 – спектрометры сцинтилляционные OSPREY-NS. Руководство по эксплуатации». После установления рабочего режима (30 мин.) устанавливают любой источник из набора ОСГИ перед детектором, запускают набор спектра и убеждаются в работоспособности спектрометра по информации на мониторе компьютера.

7.3 Определение диапазона энергии регистрируемого гамма - излучения и относительной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности).

7.3.1 С помощью устройства позиционирования на блок детектирования поочередно устанавливают источники из набора ОСГИ, сочетание которых обеспечивает регистрацию не менее семи пиков полного поглощения наиболее равномерно распределенных в диапазоне энергий регистрируемых спектрометром квантов, например,  $^{241}\text{Am}$  (59,5 кэВ),  $^{57}\text{Co}$  (122,06 кэВ),  $^{137}\text{Cs}$  (661,7 кэВ),  $^{88}\text{Y}$  (898,0 и 1836,0 кэВ),  $^{60}\text{Co}$  (1173,2 и 1332,5 кэВ),  $^{152}\text{Eu}$  (1408 кэВ) и  $^{228}\text{Th}$  (2614,5 кэВ). Расстояние от источников до детектора выбирают таким образом, чтобы интегральная загрузка спектрометра была не более 5000 имп./с.

7.3.2 Проводят измерение спектра гамма-излучения каждого источника. Время экспозиции устанавливают из условия, чтобы число импульсов в каждом выбранном пике полного поглощения было не менее 10000. Спектры сохраняют на диске для последующей обработки.

7.3.3 Проводят обработку спектров. В каждом спектре определяют положения (в каналах амплитудного анализатора) центроид пиков полного поглощения  $N_i$  и соответствующие им справочные данные энергий гамма-квантов  $E_{i0}$ . Определяют характеристику преобразования спектрометра в виде линейной зависимости  $E=A \cdot N+B$ .

7.3.4 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:

$$\Delta E_i = |E_i - E_{i0}|. \quad (1)$$

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

$$\Delta E_i = (\Delta E_i^{max} / E_{max}) \cdot 100\%, \quad (2)$$

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

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

7.3.7 Результат проверки считают положительным, если полученное значение ИНЛ не превышает  $\pm 2\%$  в рабочем диапазоне энергий регистрируемого гамма-излучения.

## 7.4 Определение относительного энергетического разрешения.

7.4.1 С помощью устройства позиционирования на блок детектирования устанавливают источник ОСГИ из радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ . Расстояние от источника до детектора выбирают таким образом, чтобы интегральная загрузка спектрометра была не более 1000 имп./с.

7.4.2 Измеряют спектр 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.

7.4.3 Определяют относительное энергетическое разрешение по линии 661,7 кэВ (в соответствии Руководством пользователя спектрометрической системы Genie-2000.).

7.4.4 Результат первичной поверки считают положительным, если полученные значения относительного энергетического разрешения не превышают:

- для варианта исполнения с блоком детектирования 802-2X2 – 8,5%;
- для варианта исполнения с блоком детектирования 802-2x2W – 9,0%;
- для варианта исполнения с блоком детектирования 802-3x3 – 7,5%;
- для варианта исполнения с блоком детектирования 802-3x3W – 9,0%;
- для варианта исполнения с блоком детектирования LABR-1.5X1.5 – 3,0%.

При периодической поверке допускается ухудшение не более, чем на 10% от значений, указанных в п.7.4.4.

7.5 Определение максимальной входной статистической загрузки.

7.5.1 С помощью устройства позиционирования на блок детектирования устанавливают источник с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$ , при этом, интегральная нагрузка спектрометра должна быть не более 1000 имп./с.

7.5.2 Измеряют первый спектр и сохраняют его на диске для последующей обработки.

7.5.3 Приближают источник к детектору или добавляют дополнительные источники с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  так, чтобы интегральная нагрузка спектрометра находилась в пределах от  $4,5 \cdot 10^4$  до  $5,5 \cdot 10^4$  имп/с. Измеряют спектр с увеличенной статистической нагрузкой. Спектр сохраняют на диске для последующей обработки.

7.5.4 В спектрах, измеренных по п.п.7.5.2, 7.5.3 определяют положение максимума и разрешение пика полного поглощения с энергией 661,7 кэВ.

7.5.5 Вычисляют относительное смещение  $\delta_n$  положения максимума пика полного поглощения и относительное изменение разрешения  $\delta_\eta$  в процентах по формулам

$$\delta_n = \frac{n_2 - n_1}{n_1} * 100, \quad (3)$$

$$\delta_\eta = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_1} * 100, \quad (4)$$

где  $n_1$  – номер канала, соответствующий положению максимума пика полного поглощения гамма-излучения энергии 661,7 кэВ, полученный при входной статистической нагрузке, равной  $1 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ ;

$\eta_1$  – относительное энергетическое разрешение для гамма-излучения энергии 661,7 кэВ, полученное при входной статистической нагрузке, равной  $1 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ ;

$n_2$  – номер канала, соответствующий положению максимума пика полного поглощения гамма-излучения энергии 661,7 кэВ, полученный при входной статистической нагрузке, равной  $5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ ;

$\eta_2$  – относительное энергетическое разрешение для гамма-излучения энергии 661,7 кэВ, полученное при входной статистической нагрузке, равной  $5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ .

7.5.6 Результат поверки считают положительным, если относительное смещение  $\delta_n$  положения максимума пика полного поглощения гамма-излучения энергии 661,7 кэВ не превышает 1% и относительное изменение разрешения  $\delta_\eta$  для гамма-излучения энергии 661,7 кэВ не превышает 10%.

7.6 Определение нестабильности энергетической характеристики за время непрерывной работы.

7.6.1 С помощью устройства позиционирования на блок детектирования устанавливают источники из набора ОСГИ, испускающие гамма-кванты с энергиями, возможно ближе соответствующими начальному и конечному значениям энергетического диапазона спектрометра. Расстояние от источников до детектора выбирают таким образом, чтобы интегральная загрузка спектрометра была не более 5000 имп/с.

7.6.2 После истечения времени установления рабочего режима (30 мин.) проводят измерение спектра гамма-излучения источников. Время экспозиции устанавливают из условия, чтобы число импульсов в каждом выбранном пике полного поглощения (ППП) было не менее 10000. Спектр сохраняют на диске для последующей обработки.

7.6.3 В течение времени непрерывной работы (8 часов) через примерно равные промежутки времени проводят не менее 10 измерений по п. 7.6.2.

7.6.4 В каждом спектре определяют положения (в каналах амплитудного анализатора) центроид пиков полного поглощения  $Z_{1i}$ ,  $Z_{2i}$ , соответствующих началу и концу энергетического диапазона

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

$$\bar{Z}_1 = \frac{\sum Z_{1i}}{m}; \quad \bar{Z}_2 = \frac{\sum Z_{2i}}{m}, \quad (5)$$

где  $m$  – число измерений (спектров);

$i$  – номер измерения.

7.6.6 Вычисляют средние квадратические отклонения  $S_1$  и  $S_2$  для каждого пика.

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

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum (Z_{ji} - \bar{Z}_j)^2}{m(m-1)}}; \quad (6)$$

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

$$D_{10} = \frac{K \cdot S_{max}}{E_{max}} \cdot 100, \quad (7)$$

где  $K$  – энергетическая цена ширины канала анализатора;

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

$\delta_N$  – погрешность определения центроиды пика полного поглощения в каналах.

7.6.8 Результат поверки считают положительным, если  $D_{10}$  не превышает 2 %.

7.7 Подтверждение соответствия программного обеспечения.

7.7.1 Проверка наличия и соответствия идентификационных наименований программных модулей метрологически значимой части ПО.

В каталоге Genie2k\Exefiles проверяют наличие следующих файлов: MVCG.EXE, MVCGSA.DLL, WINVDM.EXE. С помощью диалога свойств файла идентифицируются номера версий и/или даты создания файлов (см. рис. 1-3).

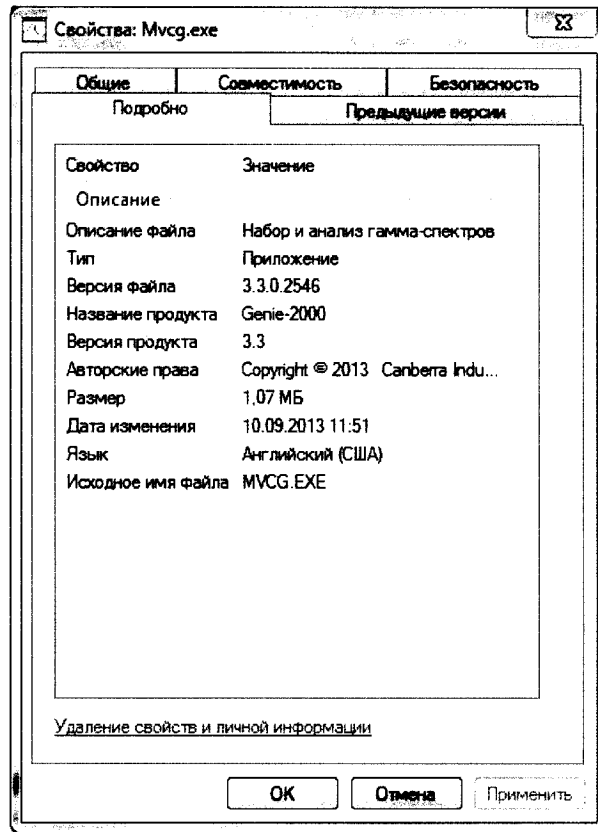


Рис.1 Окно свойств файла MVCG.exe

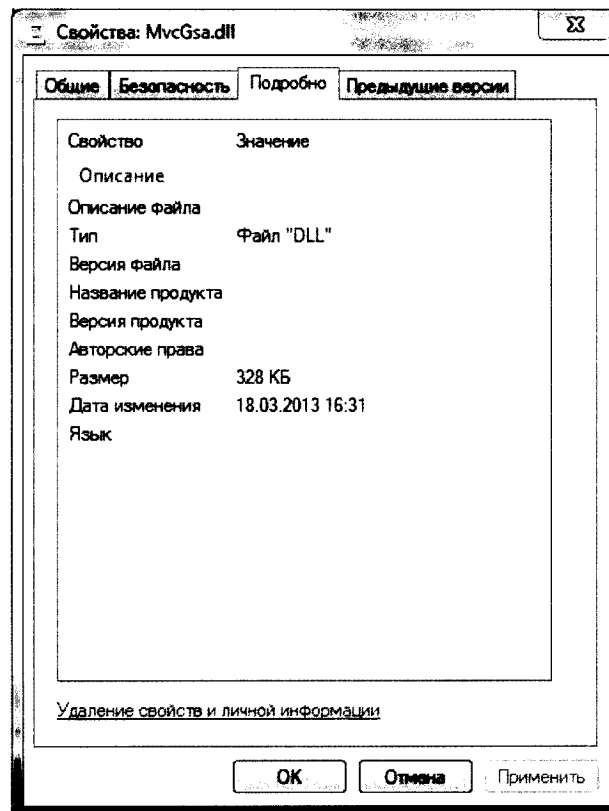


Рис.2 Окно свойств файла MVCGSA.dll



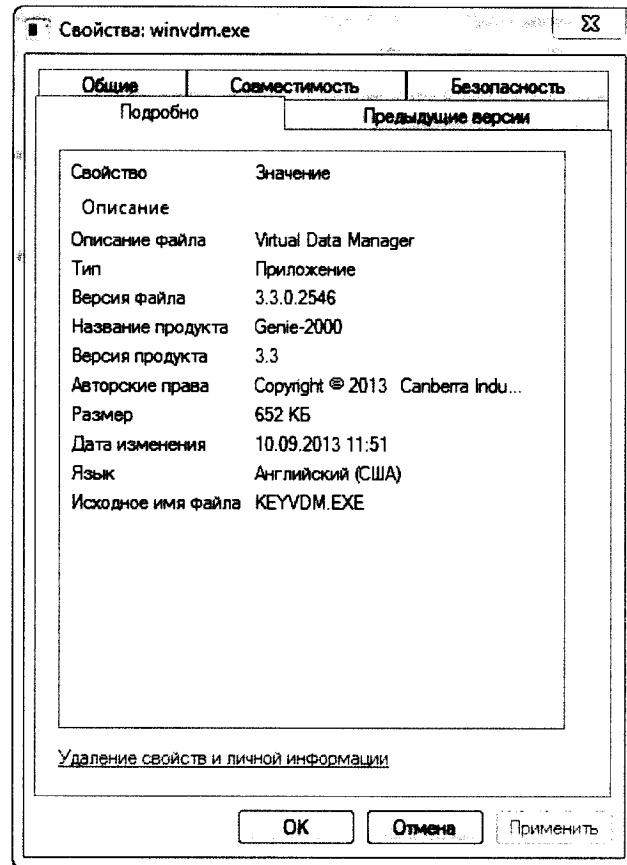


Рис.3 Окно свойств файла WinVDM.exe

7.7.2 Проверка цифрового идентификатора программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода) программных модулей метрологически значимой части ПО по алгоритму MD5

Проверяют цифровые идентификаторы для файлов MVCG.EXE, MVCGSA.DLL и WINVDM.EXE из каталога Genie2k\Exefiles. Вычисление цифрового идентификатора производят посредством подсчета контрольной суммы по методу MD5 с помощью программы MD5 File Checker (см. рис. 4-6). Допускается использование других программных средств, обеспечивающих определение контрольной суммы по алгоритму MD5 и её сравнение с заданным значением.

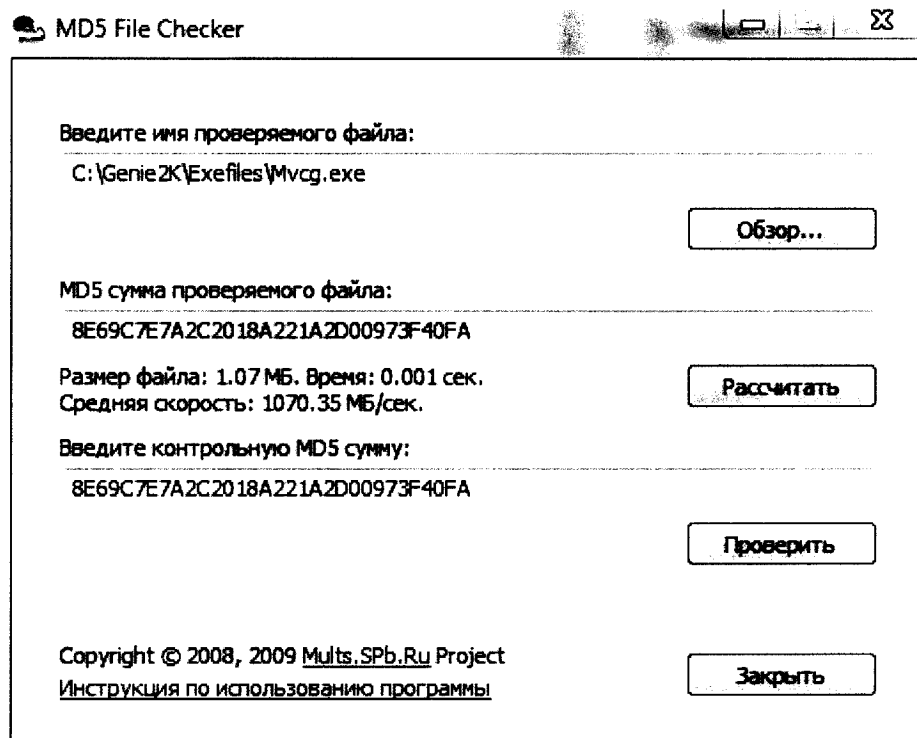


Рис.4 Проверка контрольной суммы MD5 файла MVCG.exe

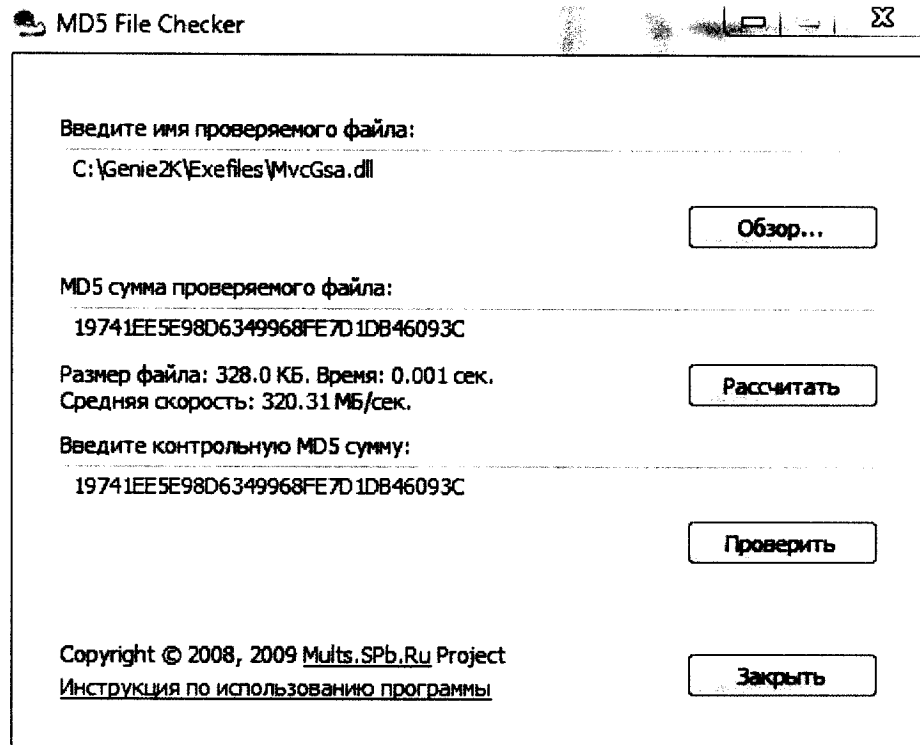


Рис.5 Проверка контрольной суммы MD5 файла MVCGSA.dll

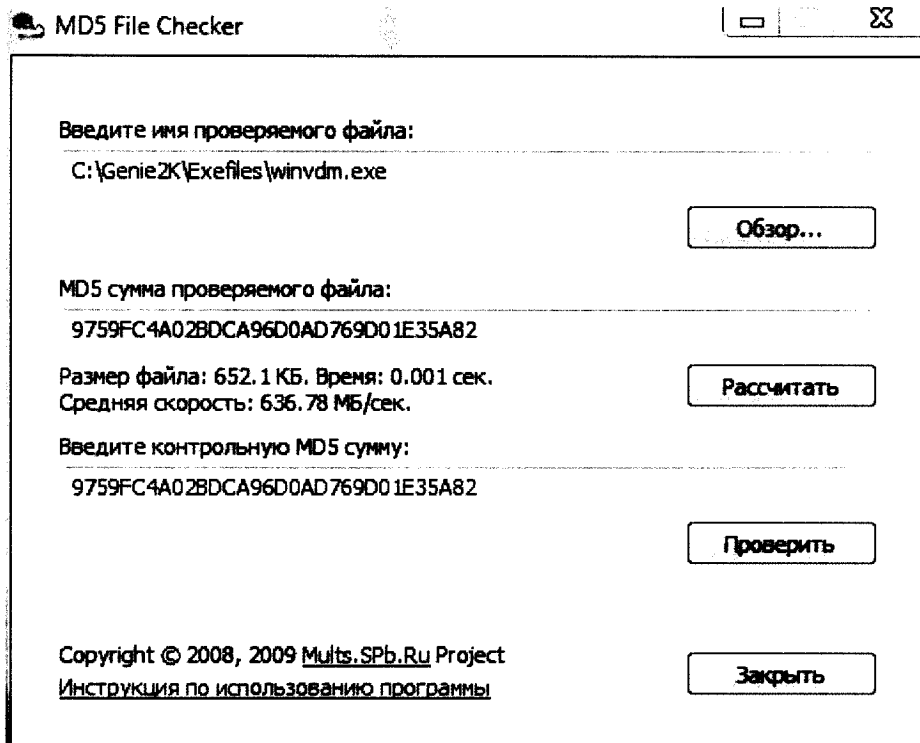


Рис.6 Проверка контрольной суммы MD5 файла WinVDM.exe

7.7.3 Определенные при первичной проверке номера версий и цифровые идентификаторы заносят в свидетельство о первичной проверке. Соответствие при периодической проверке подтверждается сравнением номеров версий и вычисленных цифровых идентификаторов с указанными значениями в «Свидетельстве о первичной проверке».

## **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.

**Приложение А**  
**(рекомендуемое)**  
**Протокол поверки**

**1 Поверяемый прибор:** Гамма-спектрометр сцинтилляционный OSPREY-NS в составе:

- анализатор OSPREY s/n \_\_\_\_\_;
- блок детектирования: \_\_\_\_\_ s/n \_\_\_\_\_.

выпущенный (отремонтированный) \_\_\_\_\_  
(дата выпуска или ремонта)

\_\_\_\_\_ ,  
(предприятие-изготовитель или ремонтное предприятие)

принадлежащий \_\_\_\_\_  
(наименование организации)

**2 Условия поверки:**

Температура окружающего воздуха \_\_\_\_\_ °С;

Атмосферное давление \_\_\_\_\_ кПа;

Относительная влажность \_\_\_\_\_ %;

Внешний фон гамма-излучения \_\_\_\_\_ мкЗв/ч.

**3. Средства измерений и вспомогательное оборудование:**

- Гамма - источники из комплекта ОСГИ № \_\_\_\_\_  
(наименование эталонного источника)

Свидетельство о поверке № \_\_\_\_\_, действительно до \_\_\_\_\_ г.

- Психрометр \_\_\_\_\_ зав. № \_\_\_\_\_.

- Барометр \_\_\_\_\_ зав. № \_\_\_\_\_.

- Дозиметр гамма – излучения \_\_\_\_\_ зав. № \_\_\_\_\_.

**4 Результаты поверки**

4.1 Результаты внешнего осмотра \_\_\_\_\_

4.2 Результаты опробования \_\_\_\_\_

4.3 Результаты определения основной погрешности характеристики преобразования (интегральной нелинейности)

Т а б л и ц а 4.3.1

Энергия гамма-излучения, кэВ	Положение центroids пика полного поглощения, канал	Основная относительная погрешность характеристики преобразования, %	
		Измеренная	Предельное значение
59.6(Am-241)			2,0
121.8(Eu-152)			
661.7(Cs-137)			
898.0(Y-88)			
1173.2(Co-60)			
1332.5 (Co-60)			
1836.0(Y-88)			
2614.5(Th-228)			

## 4.4 Результаты определения энергетического разрешения

Т а б л и ц а 4.4.1

Относительное энергетическое разрешение по линии 661.7 кэВ (Cs-137)	
Измеренное	Предельно допустимое

## 4.5 Результаты проверки максимальной входной статистической загрузки

Т а б л и ц а 4.5.1

Загрузка спектрометра, с <sup>-1</sup>	Положение максимума $n_i$ пика полного поглощения гамма- излучения энергии 0,662 МэВ, кан	Относительное энергетическое разрешение $\eta_i$ для гамма- излучения энергии 0,662 МэВ, %
1·10 <sup>3</sup>		
5·10 <sup>4</sup>		

$$\delta_n = \frac{n_2 - n_1}{n_1} * 100,$$

$$\delta_\eta = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_1} * 100,$$

## 4.6 Результаты определения нестабильности энергетической характеристики за время непрерывной работы

Т а б л и ц а 4.6.1

Время после включения	Положение центроид, кан	
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
30 мин		
1 час		
2 часа		
3 часа		
4 часа		
5 часа		
6 часа		
7 часа		
8 часа		
$\bar{Z} =$		
S <sub>j</sub> =		

$$D_{10} = \frac{K \cdot S_{max}}{E_{max}} \cdot 100$$

## 4.7. Результаты проверки соответствия программного обеспечения

Вид проверки	Результат проверки
Проверка наличия программных модулей ПО	Genie2k\Exefiles\mvcg.exe, Genie2k\Exefiles\MvcGsa.dll, Genie2k\Exefiles\winvdm.exe
Проверка номера версии программных модулей ПО	mvcg.exe v. _____ MvcGsa.dll v. _____ winvdm.exe v. _____
Определение цифровых идентификаторов (контрольной суммы исполняемого кода) программного обеспечения	mvcg.exe : _____ MvcGsa.dll : _____ winvdm.exe: _____

**Заключение** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Поверитель \_\_\_\_\_

личная подпись

\_\_\_\_\_

расшифровка подписи

\_\_\_\_\_

год, месяц, число