

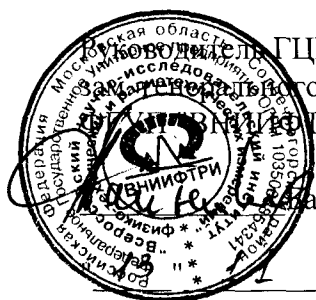
# КОМПЛЕКС УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ УСК "ГАММА ПЛЮС"

Руководство по эксплуатации

ПЛЮС.412131.002РЭ

и.р. 15382-04

СОГЛАСОВАН  
раздел "Методика поверки"



Руководитель ГЦИ СИ

заместитель его директора

по метрологии

И.В. Малаханов

Малаханов М.В.

2006 г

2006 г

## 16. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

Настоящая методика распространяется на универсальный спектрометрический комплекс УСК "Гамма Плюс", содержащий гамма-тракт с детектором NaI (Тl) и бета-тракт с детектором на основе сцинтилляционной пластмассы, и устанавливает методы и средства его первичной и периодической поверок.

Основной областью применения УСК "Гамма Плюс" является определение удельной активности проб внешней среды по их гамма- или бета-излучению.

### 16.1 Операции поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в табл.1.

Таблица 1.

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
1. Внешний осмотр	16.4.1	Да	Да
2. Опробование	16.4.2, 16.4.3	Да	Да
3. Определение энергетического диапазона регистрируемого гамма- и бета-излучения	16.4.4, 16.4.5	Да	Нет
4. Определение вида градуировочной характеристики и интегральной нелинейности	16.4.6	Да	Нет
5. Определение энергетического разрешения	16.4.7	Да	Да
6. Определение значения контрольной скорости счета, нестабильности счетной характеристики, предела допускаемой относительной погрешности измерения активности	16.4.8, 16.4.9	Да	Нет
7. Определение минимальной измеряемой активности	16.4.10, 16.4.11	Да	Да
а) в гамма-тракте			
б) в бета-тракте			

## 16.2 Средства поверки

При проведении проверки должны применяться средства, указанные в табл.2.

Таблица 2.

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Наименование образцового средства измерения
1	2	3
1. Внешний осмотр	16.4.1	-----
2. Опробование		
а) гамма-тракта	16.4.2	Контрольный источник с радионуклидами Cs-137 и K-40 в сосуде Маринелли 1 л. Номинальное значение активности каждого радионуклида в источнике $5 \cdot 10^3$ Бк $\pm 30\%$
б) бета-тракта	16.4.3	Контрольный источник с радионуклидами Sr(Y)-90 в виде плоского источника типа ОСГИ. Номинальное значение активности каждого радионуклида $5 \cdot 10^3$ Бк $\pm 30\%$
3. Определение энергетического диапазона		
а) гамма-излучения	16.4.4	Источник по п. 2а
б) бета-излучения	16.4.5	Источник по п.2б
4. Определение вида градуировочной характеристики и интегральной нелинейности	16.4.6	Источник по п.2а, источник Co-60 типа ОСГИ активностью $10^4$ Бк $\pm 30\%$
5. Определение энергетического разрешения	16.4.7	Источник по п.2а
6. Определение контрольной скорости счета, нестабильности счетной характеристики, предела относительной погрешности измерения активности		
а) в гамма-тракте	16.4.8	Источник по п.2а. Образцовый источник специального назначения (ОИСН) - объемный источник в сосуде Маринелли с радионуклидами

		Cs-137, Ra-226, Th-232, K-40; ОИСН с радионуклидом Cs-137; ОИСН с радионуклидом K-40; ОИСН с радионуклидом Ra-226; ОИСН с радионуклидом Th-232. Номинальная активность каждого радионуклида $1.5 \cdot 10^3$ Бк $\pm 30\%$ . Погрешность аттестации $\leq 7\%$
б) в бета-тракте	16.4.9	Источник по п.2б. ОИСН в кювете $\varnothing 70 \cdot 5$ мм с радионуклидами Sr(Y)-90, K-40. Номинальная активность каждого радионуклида $1.5 \cdot 10^3$ Бк $\pm 30\%$ . Погрешность аттестации $\leq 7\%$
7. Определение минимальной измеряемой активности	16.4.10 16.4.11	----- -----
а) в гамма-тракте б) в бета-тракте		

### 16.3 Условия поверки и подготовка к ней

16.3.1 При проведении поверки УСК "Гамма Плюс" должны соблюдаться следующие условия: температура окружающей среды должна находиться в пределах  $20 \pm 5$  °С, изменение температуры окружающей среды не должно превышать  $\pm 2$  °С от среднего значения в процессе измерений; относительная влажность должна быть не более 80%, атмосферное давление от 86 до 106 кПа.

Частота следования статистически распределенных входных импульсов от источника гамма- или бета-излучения при определении метрологических параметров не должна превышать  $1 \cdot 10^3$  имп/с.

16.3.2. Подготовку УСК "Гамма Плюс" к поверке и работу с ним, а также с используемыми при поверке источниками гамма- и бета-излучения проводят в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации, основными санитарными правилами ОСПОРБ-99 и нормами радиационной безопасности НРБ-99.

### 16.4 Проведение поверки.

#### 16.4.1. Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие УСК "Гамма Плюс" следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений на поверхности блоков детектирования и защиты в гамма- и бета-трактах,

- плавность хода крышек защиты в гамма-тракте,
- плавность хода держателя бета-источника в пазе защиты бета-тракта.

#### 16.4.2. Опробование гамма-тракта

- 16.4.2.1. Произвести подготовку УСК "Гамма Плюс" к работе, выполнив операции по пп. 11.1.1-11.1.8 ТО.
- 16.4.2.2. Выбрать в таблице на экране монитора устройство гамма, нажав мышью на значок  $\gamma$  (NaI).
- 16.4.2.3. Нажать "мышью" на кнопку "пуск".
- 16.4.2.4. Выбрать "мышью" задачу "энергетическая калибровка" и нажать на нее еще раз .
- 16.4.2.5. Поместить калибровочный источник в сосуде Маринелли на торец блока детектирования и закрыть крышку .
- 16.4.2.6. Нажать кнопку "продолжить".
- 16.4.2.7. Убедиться, что на экране монитора отображается набор гамма-спектра калибровочного источника с двумя пиками.

#### 16.4.3. Опробование бета-тракта

- 16.4.3.1. Провести подготовку спектрометра к работе в соответствие с разделом XI ТО.
- 16.4.3.2. Выбрать в таблице на экране монитора устройство бета , нажав мышью на значок  $\beta$  .
- 16.4.3.3. Провести операции по пп. 16.4.2.3. и 16.4.2.4.
- 16.4.3.4. Поместить калибровочный бета-источник в измерительную кювету и подать ее на измерение .
- 16.4.3.5. Нажать кнопку "продолжить".
- 16.4.3.6. Наблюдать на экране монитора изменяющийся в процессе набора спектр калибровочного бета-источника в виде непрерывного распределения.

#### 16.4.4. Определение диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения.

- 16.4.4.1. Провести подготовку спектрометра к работе, выдержав время установления рабочего режима.
- 16.4.4.2. Провести энергетическую калибровку гамма-тракта, выполнив операции по пп. 16.4.2.2. - 16.4.2.6.
- 16.4.4.3. Через 150с появляется таблица с указанием номеров каналов, соответствующих энергиям 662 и 1461 кэВ.
- 16.4.4.4. Установить один маркер в левое крайнее положение энергетической шкалы и определить соответствующую ему энергию  $E_{min}$ .
  - 16.4.4.5. Установить второй маркер в крайнее правое положение шкалы и определить соответствующую ему энергию  $E_{max}$ .
  - 16.4.4.6. Рассчитать нижнюю границу  $E_n=1.2 E_{min}$  и верхнюю границу энергетической диапозона  $E_v=0.8E_{max}$ .
  - 16.4.4.7. Результаты считаются положительными, если  $E_n \leq 300$  кэВ и  $E_v \geq 3000$  кэВ.

16.4.5. Определение диапазона энергий регистрируемого бета-излучения.

16.4.5.1. Выполнить операции по п. 16.4.3. данной методики.

16.4.5.2. Определить диапазон энергий регистрируемого бета-излучения, производя операции аналогичные описанным в пп. 16.4.4.4. - 16.4.4.5.

диапазона как в п. 16.4.4.6.

16.4.5.3. Рассчитать нижнюю и верхнюю границы энергетического 16.4.5.4. Результаты считаются положительными, если  $E_n \leq 300$  кэВ и  $E_v \geq 3000$  кэВ.

16.4.6. Определение вида градуировочной характеристики и интегральной нелинейности.

16.4.6.1. Провести энергетическую калибровку тракта выполнив операции по пп. 16.4.4.2. - 16.4.4.3.

16.4.6.2. Определить градуировочную характеристику по энергии как линейную функцию

$$E_\gamma = A n_\gamma + B \text{ путем решения системы уравнений}$$

$$\begin{cases} E_1 = A n_1 + B \\ E_2 = A n_2 + B \end{cases}$$

где  $E_1$  и  $E_2$  - энергии пиков (662 и 1461 кэВ соответственно);

$n_1$  и  $n_2$  - положения максимумов пиков энергий 662 и 1461 кэВ соответственно;

$B$  - энергия нулевого канала.

Примечание: эти расчеты программа выполняет автоматически, при этом уравнение градуировочной характеристики отображается на экране монитора.

16.4.6.3. Убрать с экрана сообщение о результатах энергетической калибровки, щелкнув "мышью" в любом месте экрана.

16.4.6.4. Убрать калибровочный источник.

16.4.6.5. Нажать "мышью" кнопку "пуск".

16.4.6.6. Выбрать из предложенного списка задачу, соответствующую геометрии и типу измерения.

16.4.6.7. Установить на торце блока детектирования источник Со-60.

16.4.6.8. Произвести набор спектра в течение 5 мин, войти в режим графического отображения и определить с помощью маркера энергии первого ( $E_1$ ) и второго ( $E_2$ ) пиков.

16.4.6.9. Определить разности  $\Delta E_1 = |E_1 - 1173|$  кэВ и  $\Delta E_2 = |E_2 - 1332|$  кэВ и выбрать из них максимальную  $\Delta E(\max)$ .

16.4.6.10. Рассчитать интегральную нелинейность ИНЛ по формуле:

$$ИНЛ = \frac{1}{2} \frac{\Delta E(\max) + \delta E}{3000} * 100\%$$

где  $\delta E$  - погрешность определения максимума пика, в кэВ.

Результаты считаются положительными, если значение ИНЛ не превышает 1 %.

16.4.7. Определение энергетического разрешения.

16.4.7.1. Провести энергетическую градуировку гамма-тракта, выполнив операции по пп. 16.4.4.2. - 16.4.4.3.

16.4.7.2. Войти в режим графического отображения клавишей ENTER и наблюдать зарегистрированный спектр.

16.4.7.3. Один из маркеров установить на вершину максимума пика энергии 662 кэВ и определить число импульсов  $N_{\max}$  в максимуме пика.

16.4.7.4. Установить один маркер на левом склоне пика в канале, где зарегистрировано  $N_{\max}/2$  импульсов. Отметить номер канала  $n_1$ .

16.4.7.5. Установить второй маркер на правом склоне пика в канале, где зарегистрировано  $N_{\max}/2$  импульсов. Отметить номер канала  $n_2$ .

16.4.7.6. Определить абсолютное энергетическое разрешение  $\eta_{\text{абс}}$  по формуле

$$\eta_{\text{абс}} = A(n_2 - n_1), \text{ кэВ}$$

где  $A$  - энергетическая цена канала анализатора,

$$A = \frac{(1461 - 662) \text{кэВ}}{n_K - n_{Cs}}, \text{ кэВ/канал}$$

16.4.7.7. Определить относительное энергетическое разрешение  $\eta_{\text{отн}}$  по формуле:

$$\eta_{\text{отн}} = \frac{\eta_{\text{абс}}}{662} * 100, \%$$

Результат считается положительным, если значение  $\eta_{\text{отн}}$  не превышает 9%.

16.4.8. Определение значения контрольной скорости счета, нестабильности счетной характеристики, систематической составляющей погрешности измерения активности.

16.4.8.1. Провести энергетическую градуировку гамма-тракта, выполнив операции по пп. 16.4.4.2. - 16.4.4.3.

16.4.8.2. Записать позицию максимумов пиков энергий 662 кэВ (репер 1) и 1461 кэВ (репер 2)  $n_{Cs}$  и  $n_K$  соответственно и контрольную скорость счета в окне  $N_{\text{сч}}$ .

16.4.8.3. Установить на измерение объемный образцовый источник по п.2а табл.2. и провести измерение в течение 5-10 мин.

16.4.8.4. После окончания измерения снять показания с экрана монитора об активности каждого радионуклида и абсолютной погрешности.

16.4.8.5. Повторить энергетическую градуировку, заменив образцовый источник на контрольный.

16.4.8.6. Измерить значение фона, для чего удалить контрольный источник нажать кнопку "пуск".

16.4.8.7. Выбрать задачу "контроль фона".

16.4.8.8. Убрать калибровочный источник с торца блока детектирования.

16.4.8.9. Нажать кнопку "продолжить".

16.4.8.10. Спустя 1800с происходит остановка регистрации фонового спектра. Если фоновый спектр записан, щелкнуть "мышью" в любом месте экрана.

16.4.8.11. Повторить серию: калибровка по энергии - измерение активности образцового источника - калибровка по энергии - измерение фона еще 9 раз.

Примечание: время выдержки между двумя сериями измерений выбрать из условия, чтобы в течение 8 часов провести равномерно 10 измерений.

16.4.8.12. Полученные экспериментальные данные сгруппировать в табл.3.

16.4.8.13. Рассчитать среднее положение репера 1  $\bar{N}_{Cs}$  и репера 2  $\bar{N}_K$  по 20 измерениям.

Средние квадратические отклонения ряда измерений  $\sigma_{Cs}$  и  $\sigma_K$  по формулам:

$$\bar{N}_{Cs} = \frac{\sum N_{iCs}}{20} \quad \sigma_{Cs} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{N}_{Cs} - N_{iCs})^2}{19}}$$

$$\bar{N}_K = \frac{\sum N_{iK}}{20} \quad \sigma_{Cs} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{N}_{Cs} - N_{iCs})^2}{19}}$$

16.4.8.14. Рассчитать среднее значение контрольной скорости счета  $\bar{N}$  и среднее квадратическое отклонение ряда измерений  $\sigma_N$  по формулам:

$$\bar{N} = \frac{\sum N_i}{20} \quad \sigma_N = \sqrt{\frac{\sum (\bar{N} - N_i)^2}{19}}$$

16.4.8.15. Рассчитать средние значения скорости счета в каждом окне  $\bar{N}_i(\phi)$  и средние квадратические отклонения ряда измерений этих величин  $\sigma_i(\phi)$  по формулам, аналогичным п. 16.4.9.14.

16.4.8.16. Рассчитать средние значения активности каждого радионуклида  $\bar{A}_i$  и средние квадратические отклонения  $\sigma_{Ai}$  ряда измерений.

16.4.8.17. Рассчитать разность между активностью, полученной в п. 16.4.9.16 и паспортным значением активности по каждому радионуклиду:

$$\Delta A_i = |\bar{A}_i - A_{пасп.зн.}|; \quad \delta A_i = \frac{\Delta A_i}{\bar{A}_i} * 100, \%$$

Результаты считаются положительными, если:

- средние значения контрольной скорости счета, скорости счета фона в каждом из 6 окон соответствуют значениям, хранящимся в файле данных установки в пределах погрешности измерений;
- нестабильность счетной характеристики  $D_i$ , определяемой как:

$$D_i = \frac{2\sigma_N}{\bar{N}} * 100, \%$$

не превышает 2%

- разность между полученным и паспортным значениями активности для каждого радионуклида  $\delta A_i$  не превышает  $\pm 30\%$ .

Примечание: Контрольные функции заложены в самой программе, что позволяет автоматически отслеживать допустимость отклонений того или иного параметра в процессе измерений. При калибровке по энергии допускается появление не более двух предупреждений о рабочей области при 20 измерениях, не более 1 предупреждения об отличии фона в любом из шести окон при 10



измерениях, и не более 1 предупреждения о несоответствии спектра при измерении активно-образцового источника - при 10 измерениях.

Таблица 3.

Протокол измерений на сцинтиляционном блоке детектирования  
гамма-излучения

Тип измерения	Измеряемая величина	Изм-е 1	Изм-е 2	....	Изм-е 10
Калибровка по энергии	Позиция репера 1				
	Позиция репера 2				
	Контрольная скорость счета				
	Предупреждение о рабочей области				
Контроль фона	Скорость счета 1				
	Скорость счета 2				
	Скорость счета 3				
	Скорость счета 4				
	Скорость счета 5				
	Скорость счета 6				
Калибровка по энергии	Предупреждение о отличии фона				
	Позиция репера 1				
	Позиция репера 2				
	Контр. скорость счета				
Измерение активности образцового источника	Предупреждение о рабочей области				
	Активность $^{137}\text{Cs}$				
	Абс. погрешность $^{137}\text{Cs}$				
	Активность $^{226}\text{Ra}$				
	Абс. погрешность $^{226}\text{Ra}$				
	Активность $^{232}\text{Th}$				
	Абс. погрешность $^{232}\text{Th}$				
	Активность $^{40}\text{K}$				
	Абс. погрешность $^{40}\text{K}$				
	Предупреждение о несоответствии спектра				

16.4.9. Определение значения контрольной скорости счета, нестабильности счетной характеристики, предела допускаемой относительной погрешности измерения активности бета-тракта.

16.4.9.1. Провести энергетическую калибровку бета-тракта, выбрав “мышью” значок  $\beta$ , нажав кнопку “пуск” и выбрав задачу “энергетическая калибровка”, нажать кнопку еще раз. Записать позицию репера 1 ( $n_{300}$ ), соответствующего энергии 300 кэВ и позицию репера 2 ( $n_{3000}$ ), соответствующего энергии 3000 кэВ, а также контрольную скорость счета N1.

Таблица 4

Протокол измерений на сцинтиляционном блоке детектирования бета-излучения

Тип измерения	Измеряемая величина	Изм-е	Изм-е	....	Изм-е
		1	2		10
Калибровка по энергии	Позиция репера 1				
	Позиция репера 2				
	Контрольная скорость счета				
Контроль фона	Предупреждение о рабочей области				
	Скорость счета 1				
	Скорость счета 2				
	Скорость счета 3				
	Скорость счета 4				
	Скорость счета 5				
	Скорость счета 6				
Калибровка по энергии	Предупреждение об отличии фона				
	Позиция репера 1				
	Позиция репера 2				
	Контр. скорость счета				
Измерение активности образцового источника	Предупреждение о рабочей области				
	-----				
	-----				
	Активность 90Y				
	Абс. погрешность 90Y				
	Предупреждение о несоответствии спектра				

16.4.9.2. Убрать калибровочный источник и установить образцовый бета-источник, подав его на измерение.

- 16.4.9.3. Нажать “мышью” кнопку “пуск”.
- 16.4.9.4. Выбрать “мышью” задачу и нажать кнопку “продолжить”.
- 16.4.9.5. По истечении времени измерения программа предложит ввести массу пробы.
- 16.4.9.6. С помощью клавиатуры напечатать массу пробы и нажать кнопку ENTER.
- 16.4.9.7. Нажать “мышью” кнопку “сохранить результат”. Записать значение активности Y-40 и K-40 и абсолютной погрешности их измерений .
- 16.4.9.8. Провести повторную энергетическую калибровку в соответствии с п.16.4.10.1.
- 16.4.9.9. Произвести измерение фона в 6 энергетических окнах, выполняя следующие операции:
- выбрать задачу “контроль фона”;
  - убрать источник, поставив вместо него пустую измерительную кювету;
  - нажать кнопку “продолжить”;
  - по окончании измерений ( через 1800с ) снять показания фона в каждом окне;
  - щелкнуть “мышью” в любом месте экрана.
- 16.4.9.10. Провести еще 9 серий измерений равномерно в течение 8 часов (каждая серия включает энергетическую градуировку - измерение образцового источника -повторную энергетическую градуировку - измерение фона).
- 16.4.9.11. Полученные данные сгруппировать в табл.4
- 16.4.9.12. Рассчитать среднее положение репера 1 и репера 2 и их среднеквадратические отклонения аналогично п.16.4.9.13., среднее значение контрольной скорости счета и средней квадратической погрешности ряда измерений по п.16.4.9.14, средние значения фона в каждом окне и их погрешности по п.16.4.9.15, средние значения активности Y-90 и K-40 и их погрешности по п.16.4.9.16., разность между полученной активностью каждого радионуклида и ее паспортным значением.
- 16.4.9.13. Результаты считаются положительными, если они удовлетворяют требованиям, изложенным в п. 16.4.9.17 и примечанию к нему.
- 16.4.10. Определение минимальной измеряемой активности в гамма-тракте.
- 16.4.10.1. Провести энергетическую градуировку гамма-тракта.
- 16.4.11.2. Снять калибровочный источник и установить пробу нулевой активности - пустой сосуд Маринелли.
- 16.4.10.3. Провести измерение активности нулевой пробы за время  $t=1800с$ . Результаты измерений поместить в табл.5.

Таблица 5

Радионуклид	Активность, Бк	Абсолютная погрешность, Бк
Cs-137		
K-40		
Ra-226		
Th-232		

- 16.4.10.4. Рассчитать значение минимальной измеряемой активности  $A$  для каждого радионуклида  $A_{min.i}$  по формуле:

$$A_{\min(i)} = 2\Delta A_i^{\circ} \sqrt{t/3600}$$

где  $\Delta A_i^{\circ}$  - значение погрешности активности  $i$ -го радионуклида (берется из табл.5)

Результаты считаются положительными, если значения  $A_{\min}$  для Cs-137, Ra-226, Th-232 и К-40 составляют не менее 3, 5, 10 и 40 Бк/кг соответственно для защиты СЗГТ-01.

16.4.11. Определение минимальной измеряемой активности в бета-тракте.

16.4.11.1. Провести энергетическую градуировку бета-тракте.

16.4.11.2. Убрать калибровочный источник и установить на измерение пробу нулевой активности - пустую чашку Петри  $\varnothing 90 \times 10$  мм

16.4.11.3. Провести измерение активности нулевой пробы за время  $t$  не менее 1800 с. Результаты измерений записать в табл.6.

Таблица 6

Радионуклид	Активность, Бк	Абсолютная погрешность, Бк
У-90		
К-40		

16.4.11.4. Рассчитать значение минимальной измеряемой активности для каждого радионуклида  $A_{\min(i)}$  по формуле

$$A_{\min(i)} = 2\Delta A_i^{\circ} \sqrt{t/3600}$$

где  $\Delta A_i^{\circ}$  - значение погрешности активности  $i$ -го радионуклида (берется из табл.6)

Результаты считаются положительными, если значения  $A_{\min}$  для У-90 составляют не более 0,5 Бк.