



**АТОМТЕХ**

**Научно - производственное унитарное предприятие**

**СПЕКТРОМЕТР  
МКС-АТ6101Д**

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**



## Содержание

1	Описание и работа .....	4
1.1	Назначение .....	4
1.2	Технические характеристики .....	5
1.3	Состав спектрометра .....	7
1.4	Устройство и работа спектрометра .....	8
1.4.1	Принцип действия спектрометра .....	8
1.4.2	Конструкция спектрометра .....	9
1.5	Маркировка и пломбирование .....	13
1.6	Упаковка .....	14
2	Подготовка спектрометра к использованию .....	15
2.1	Общие указания .....	15
2.2	Включение спектрометра .....	15
2.3	Выключение спектрометра .....	16
2.4	Заряд БА .....	16
2.5	Режим стабилизации .....	17
3	Использование по назначению .....	21
3.1	Меры безопасности .....	21
3.2	Самоконтроль .....	21
3.3	Общие сведения по графическому интерфейсу спектрометра .....	21
3.3.1	Структура меню .....	22
3.3.2	Общие кнопки .....	22
3.4	Режим измерения активности радионуклидов .....	23
3.4.1	Выбор геометрии .....	23
3.4.2	Измерение фонового спектра .....	24
3.4.3	Выбор состава нуклидов .....	24
3.5	Спектрометрический режим .....	26
3.5.1	Набор .....	28
3.5.2	Спектр .....	28
3.5.3	Обработка пика .....	28
3.5.4	Загрузка спектра из каталога .....	29
3.5.5	Сохранение спектра в каталоге .....	30
3.5.6	Вычитание фонового спектра .....	31
3.5.7	Очистка каталога спектров .....	32
3.5.8	Ввод времени набора спектра .....	32
3.6	Режим просмотра протокола .....	32
3.6.1	Очистка протокола .....	33
3.7	Управление подсветкой .....	33
3.8	Управление питанием .....	33
3.9	Язык интерфейса .....	34
3.10	Часы .....	34
3.11	Информация о БД .....	35
3.12	Просмотр информации об эксплуатации БД .....	35
4	Особенности эксплуатации .....	36
5	Техническое обслуживание .....	36
6	Поверка .....	37
6.1	Вводная часть .....	37
6.2	Операции поверки .....	37
6.3	Средства поверки .....	38
6.4	Требования к квалификации поверителей .....	40

6.5	Требования безопасности.....	40
6.6	Условия поверки и подготовка к ней.....	40
6.7	Проведение поверки .....	40
6.7.1	Внешний осмотр .....	40
6.7.2	Опробование.....	41
6.7.3	Определение метрологических характеристик.....	41
6.8	Оформление результатов поверки.....	50
7	Хранение .....	51
8	Транспортирование .....	51
9	Утилизация.....	51
10	Свидетельство о приемке .....	52
11	Свидетельство об упаковывании .....	53
12	Свидетельство о вводе в эксплуатацию.....	53
13	Гарантии изготовителя .....	54
14	Сведения о рекламациях .....	55
	Приложение А Пиктограммы.....	57
	Приложение Б События протокола .....	59
	Приложение В Редактирование и ввод значений .....	60
	Приложение Г Каталог спектров .....	61
	Приложение Д Основные технические данные и характеристики спектрометра при измерении удельной активности ЕРН.....	62
	Приложение Е Форма протокола поверки.....	65

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения принципа работы, устройства и конструкции спектрометра **МКС-АТ6101Д** (далее по тексту – спектрометр) и содержит основные технические данные и характеристики, а также другие сведения, необходимые для полного использования технических возможностей спектрометра и правильной его эксплуатации.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право в процессе изготовления вносить в конструкцию и программное обеспечение изменения, не влияющие на метрологические характеристики спектрометра.

В тексте настоящего руководства по эксплуатации (РЭ) приняты следующие обозначения и сокращения:

- БА - блок аккумуляторов;
- БД - блок детектирования;
- БОИ - блок обработки информации;
- ЖКИ - жидкокристаллический индикатор;
- ЕРН - естественные радионуклиды;
- СА - сетевой адаптер;
- ПЭВМ - персональная электронно-вычислительная машина;
- ПЗУ - постоянное запоминающее устройство;
- ФЭУ - фотоэлектронный умножитель.

# 1 Описание и работа

## 1.1 Назначение

**1.1.1** Спектрометр МКС-АТ6101Д представляет собой многофункциональный носимый прибор и состоит из размещаемого в контейнере спектрометрического блока детектирования гамма-излучения БДКГ-11 и блока обработки информации (БОИ). В качестве детектора гамма-излучения в блоке детектирования БДКГ-11 используется сцинтилляционный кристалл NaI(Tl) диаметром и высотой 63 мм. Спектрометр предназначен для измерения энергетического распределения гамма-излучения и решения различных задач радиационного контроля, в том числе определения экспрессным методом удельной эффективной активности естественных радионуклидов  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$  в строительных материалах, сырье, изделиях, отходах промышленного производства и горных породах без предварительного отбора проб. Спектрометр может использоваться для работы как в лабораторных, так и в полевых условиях.

**1.1.2** Рабочие условия эксплуатации спектрометра:

- температура окружающего воздуха, °С от минус 20 до плюс 50;
- относительная влажность воздуха, % при температуре 35 °С и более низких температурах без конденсации влаги 95;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7;
- напряженность постоянных и переменных сетевой частоты магнитных полей, А/м до 400.

**1.1.3** Нормальные условия эксплуатации спектрометра:

- температура окружающего воздуха, °С  $20 \pm 5$ ;
- относительная влажность воздуха, % 60 (+20; -30);
- атмосферное давление, кПа 101,3 (+5,4; -15,3);
- напряженность постоянных и переменных сетевой частоты магнитных полей, А/м до 40.

**1.1.4** Степень защиты спектрометра от проникновения воды, пыли и посторонних твердых частиц IP54 по ГОСТ 14254-96 (МЭК 60529) соответствует IP54.

**1.1.5** Спектрометр не предназначен для эксплуатации во взрывопожароопасных зонах согласно “Правилам устройства электроустановок”.

## 1.2 Технические характеристики

- 1.2.1** Спектрометр измеряет энергетическое распределение гамма-излучения в диапазоне энергий от 40 до 3000 кэВ.
- 1.2.2** Измерение энергетического распределения осуществляется в каналах с номерами от 0 до 511.
- 1.2.3** Характеристика преобразования спектрометра нормируется зависимостью между значениями энергии регистрируемого гамма-излучения и номерами каналов.
- 1.2.4** Характеристика преобразования спектрометра представляется в виде таблицы «номер канала – энергия гамма-излучения», хранится в энергонезависимой памяти БДКГ-11 спектрометра и отображается на экране БОИ спектрометра.
- 1.2.5** Спектрометр измеряет энергетическое распределение гамма-излучения с пределами допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования  $\pm 1\%$ .
- 1.2.6** Относительное энергетическое разрешение спектрометра для гамма-излучения  $^{137}\text{Cs}$  с энергией 662 кэВ не более 9,5%.
- 1.2.7** Эффективность регистрации спектрометра в пике полного поглощения (ППП) для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  точечного источника ОСГИ-3, размещаемого вплотную к торцевой поверхности контейнера с БДКГ-11, составляет  $(5,34 \pm 1,06)\%$ .
- 1.2.8** Максимальная входная статистическая загрузка спектрометра при измерении энергетического распределения гамма-излучения составляет не менее  $5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ .
- 1.2.9** Время установления рабочего режима спектрометра не превышает 1 мин.
- 1.2.10** Электропитание спектрометра осуществляется от встроенного в корпус БОИ блока аккумуляторов, при этом спектрометр обеспечивает непрерывный контроль разряда БА.
- 1.2.11** Заряд БА осуществляется от двух видов источников питания:
- а) сети переменного тока напряжением 220 (+22; -33) В, частотой  $(50 \pm 1)$  Гц через сетевой адаптер, входящий в комплект принадлежностей спектрометра;
  - б) внешнего источника постоянного тока с напряжением 12 (+2,0; -1,5) В и выходным током не менее 1 А.
- 1.2.12** Время непрерывной работы спектрометра при автономном питании от БА в нормальных условиях эксплуатации с выключенной подсветкой не менее 12 ч.
- 1.2.13** Нестабильность градуировочной характеристики преобразования спектрометра за время непрерывной работы не превышает  $\pm 1\%$ .
- 1.2.14** Спектрометр обеспечивают проведение самоконтроля основных узлов при включении и постоянную проверку работоспособности в процессе работы.
- 1.2.15** Спектрометр устойчив к воздействию:
- а) температуры окружающего воздуха от минус 20 до плюс 50  $^{\circ}\text{C}$ ;
  - б) относительной влажности воздуха до 95 % при температуре 35  $^{\circ}\text{C}$  и более низких температурах без конденсации влаги;
  - в) атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106,7 кПа;
  - г) синусоидальной вибрации с параметрами:
    - диапазон частот от 10 до 55 Гц;

- смещение для частоты перехода 0,35 мм;
  - д) одиночного удара с параметрами:
    - пиковое ускорение  $50 \text{ м/с}^2$  (5g);
    - длительность действия ударного импульса 16 мс.
  - 1.2.16** Спектрометр сохраняет работоспособность в постоянном и переменном сетевой частоты магнитном поле напряженностью до 400 А/м.
  - 1.2.17** Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности характеристики преобразования спектрометра составляют:
    - а)  $\pm 2 \%$  при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур относительно нормальных условий;
    - б)  $\pm 2 \%$  при изменении напряженности постоянного и переменного сетевой частоты магнитного поля до 400 А/м относительно нормальных условий.
  - 1.2.18** Спектрометр в транспортной таре прочен к воздействию:
    - а) температуры от минус 20 до плюс 50 °С;
    - б) относительной влажности воздуха до 100 % при температуре 40 °С;
    - в) ударов с ускорением  $98 \text{ м/с}^2$  (10g), длительностью ударного импульса 16 мс, числом ударов  $1000 \pm 10$  для каждого из трёх взаимно перпендикулярных направлений
  - 1.2.19** Конструкция и материалы покрытий составных частей спектрометра обеспечивают возможность проведения дезактивации.
  - 1.2.20** Габаритные размеры составных частей спектрометра:
 

• БОИ	-	110 × 230 × 35 мм;
• БДКГ-11	-	Ø76 × 345 мм;
• контейнер	-	Ø125 × 480 мм.
  - 1.2.21** Масса основных составных частей спектрометра не более, кг:
 

• БОИ	-	0,8;
• БДКГ-11	-	1,9;
• контейнер	-	2,2;
• контейнер с БДКГ-11	-	4,1.
  - 1.2.22** Требования надежности:
 

• средняя наработка на отказ	-	не менее 8000 ч;
• средний срок службы	-	не менее 10 лет;
• средний ресурс	-	не менее 15000 ч;
• среднее время восстановления спектрометра	-	не более 3 ч.
- Примечание** – Требования надежности не распространяются на аккумуляторы, используемые в спектрометре.
- 1.2.23** Уровень промышленных радиопомех, создаваемых спектрометром, не превышает норм, установленных по классу Б СТБ ГОСТ Р 51318.22-2001 (СИСПР 22:1997).
  - 1.2.24** Спектрометр по устойчивости к электростатическим разрядам соответствует требованиям СТБ ГОСТ Р 51317.4.2-2001 (МЭК 61000-4-2:1995) со степенью жесткости испытаний “ 2 ” и критерием качества функционирования “ А ”.

**1.2.25** Спектрометр по устойчивости к радиочастотным электромагнитным полям соответствует требованиям СТБ ГОСТ Р 51317.4.3.-2001 (МЭК 61000-4-3:1995) со степенью жесткости испытаний “2” и критерием качества функционирования “А”.

**1.2.26** Содержание драгоценных металлов в комплектующих изделиях спектрометра соответствует данным таблицы 1.1.

Таблица 1.1

Наименование блока	Содержание драгоценных металлов, г.	
	Золото	Серебро
БОИ	0,003	0,002
БДКГ-11	0,022	0,006

### 1.3 Состав спектрометра

**1.3.1** Состав комплекта поставки спектрометра указан в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Наименование, тип	Заводской номер	Количество	Примечание
1 Блок обработки информации		1	
2 Блок детектирования гамма-излучения БДКГ-11		1	Размещается в контейнере
3 Контейнер		1	С кабелем
4 Руководство по эксплуатации		1	
5 Комплект принадлежностей: - контрольная проба - адаптер сетевой А41208G - кабель  - ремень плечевой мод.227-95 - упаковка		1 <sup>1)</sup> 1 1  1 1	Для стабилизации БДКГ-11 Фирма “ONTOP Co, LTD”, Китай Для зарядки БА от сети автомобиля Для переноски БОИ Дипломат для хранения и переноски спектрометра и принадлежностей
<b>Примечание</b> - <sup>1)</sup> - Контрольная проба выполнена на основе калия хлористого галургического ГОСТ 4568-95 (минеральное удобрение)			

**1.3.2** В дополнение к комплекту поставки спектрометра по заказу потребителя могут поставляться изделия, приведенные в таблице 1.3.



Таблица 1.3

Наименование, тип	Заводской номер	Количество	Примечание
1 Персональный компьютер		1	Для работы с БДКГ-11
2 Устройство опорное		1	Для обеспечения устойчивого положения контейнера с БДКГ-11 при размещении контейнера торцом к горизонтальной исследуемой поверхности (рисунок 1.3)
3 Кронштейн		1	Для размещения БОИ на ручке контейнера (рисунок 1.3)
4 Адаптер БД		1	Для подключения БДКГ-11 к ПЭВМ через СОМ-порт
5 Кабель нуль-модемный 9(м)-9(м)		1	Для подключения БДКГ-11 к ПЭВМ через СОМ-порт
6 Адаптер USB-БД		1	Для подключения БДКГ-11 к ПЭВМ через USB-порт
7 Кабель USB А-В		1	Для подключения БДКГ-11 к ПЭВМ через USB-порт
8 Кабель		1	Для подключения БДКГ-11, размещаемого в контейнере, к адаптеру БД или к адаптеру USB-БД
9 Компакт-диск с программой "АТАС" (версии "АТАС", "АТАС light", "АТАС Scanner")		1	Для обеспечения работы БДКГ-11 с ПЭВМ
10 Руководство оператора "АТАС"		1	Содержит сведения, необходимые для эксплуатации программы "АТАС"

## 1.4 Устройство и работа спектрометра

### 1.4.1 Принцип действия спектрометра

**1.4.1.1** Спектрометр состоит из блока обработки информации (БОИ) и блока детектирования (БД), типа БДКГ-11, размещаемого в контейнере.

Принцип действия БД основан на использовании высокочувствительных методов спектрометрии и радиометрии с применением сцинтилляционного детектора NaI(Tl) Ø63x63 мм и фотоэлектронного умножителя (ФЭУ).

Для повышения стабильности измерений в БДКГ-11 применена система светодиодной стабилизации измерительного тракта, которая одновременно

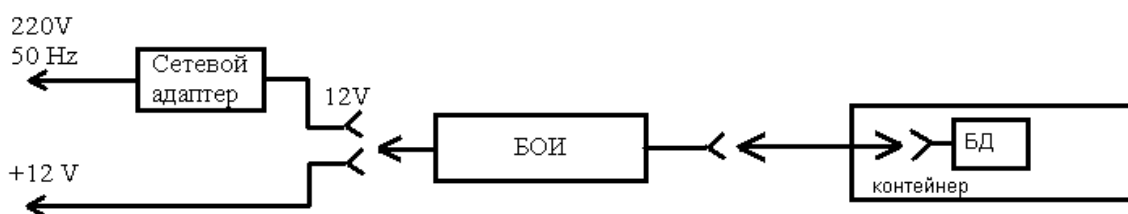
обеспечивает проверку работоспособности всего тракта в процессе работы, кроме того, в БДКГ-11 реализована система автоматической температурной коррекции усиления.

**1.4.1.2** При работе в автономном режиме питание спектрометра осуществляется от встроенного блока аккумуляторов (БА), для заряда которого в спектрометре имеется автоматическое зарядное устройство.

Заряд БА может осуществляться:

- от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц через сетевой адаптер, на выходе которого формируется напряжение 12 В;
- от источника постоянного тока напряжением плюс 12 В с выходным током не менее 1 А, например, бортовой сети автомобиля.

**1.4.1.3** Схема подключения составных частей спектрометра приведена на рисунке 1.1. Сетевой адаптер или источник постоянного тока (+12V) подключается к БОИ только для заряда БА.



**Рисунок 1.1**

## 1.4.2 Конструкция спектрометра

**1.4.2.1** Конструктивно спектрометр выполнен в виде отдельных функционально законченных устройств БД, БОИ и контейнера.

**1.4.2.2** Конструкция БД выполнена с использованием унифицированных деталей в виде цилиндрических металлических корпусов с полимерным покрытием, которые соединяются посредством втулки с использованием винтов и элементов уплотнения. Внутри корпусов размещены детектор, узел ФЭУ и платы с электроникой. На торцевой поверхности расположены разъем для подключения кабеля контейнера и шильдик.

**1.4.2.3** Общий вид БОИ приведен на рисунке 1.2.

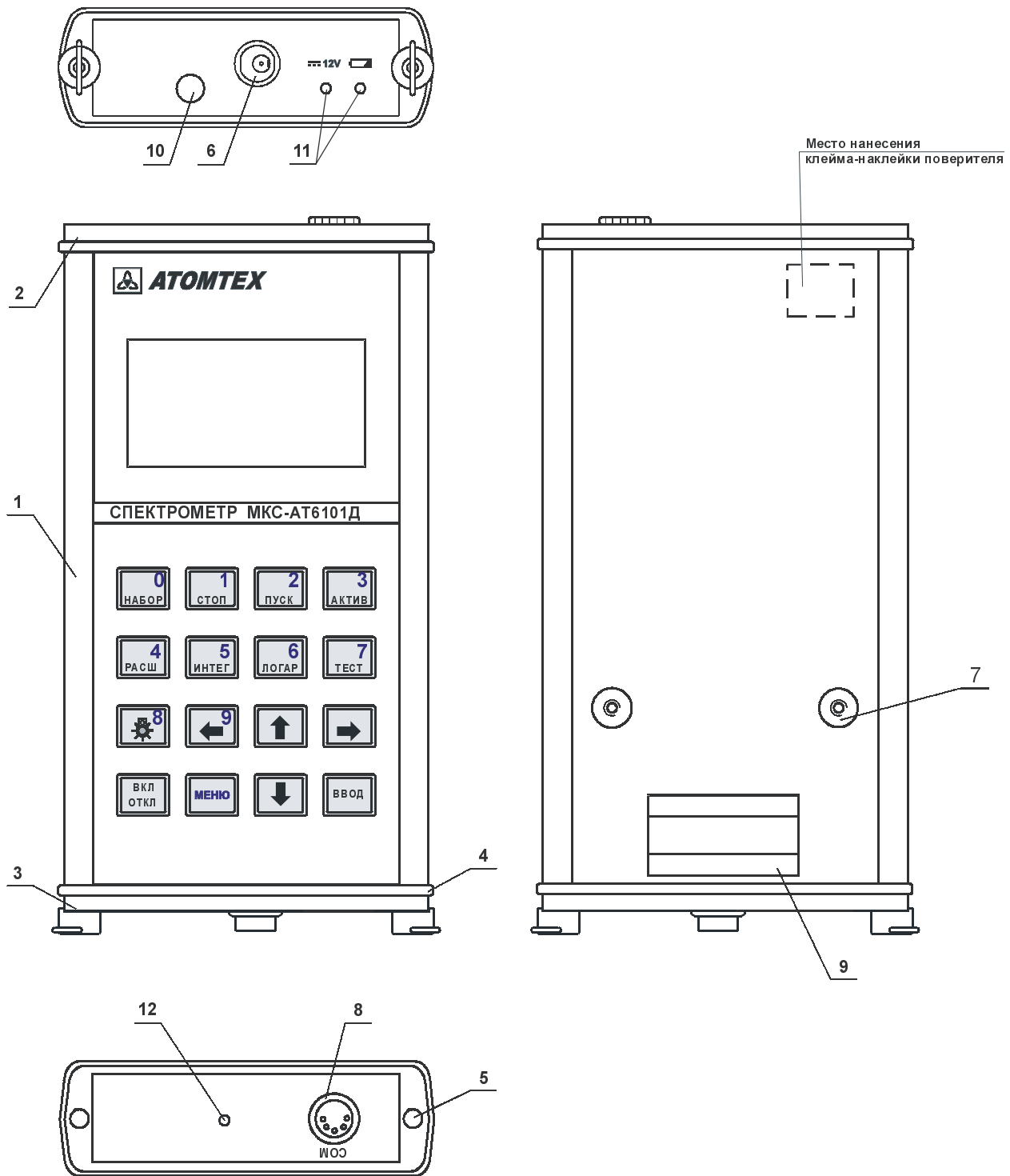
Корпус БОИ конструктивно выполнен на базе унифицированного корпуса из сплава алюминия и состоит из кожуха (1), передней (2) и задней (3) панелей (рисунок 1.2).

На передней стенке кожуха БОИ находится панель управления с мембранными кнопками и табло ЖКИ

На задней стенке кожуха БОИ располагается шильдик (9).

На передней панели находятся разъем «СОМ» (8) для подсоединения БД и пломба (5).

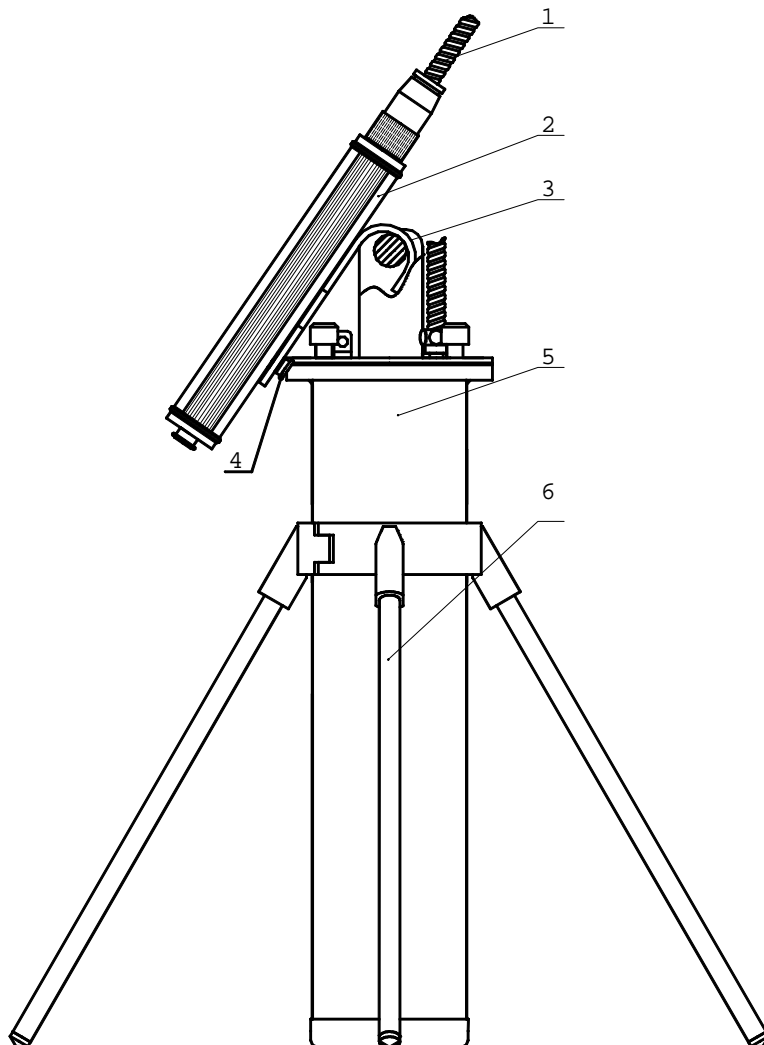
На задней панели находятся разъем питания (6), а также индикаторы внешнего питания и заряда БА (11) и тревожный индикатор (10).



1 – кожух; 2 – панель передняя; 3 – панель задняя; 4 – уплотнительная прокладка; 5 – пломба; 6 – разъем питания; 7 – втулки для крепления БОИ к кронштейну; 8 – разъем «СОМ»; 9 – шильдик; 10 – тревожный индикатор; 11 – светодиоды; 12 – источник звуковой сигнализации.

Рисунок 1.2 - Общий вид БОИ

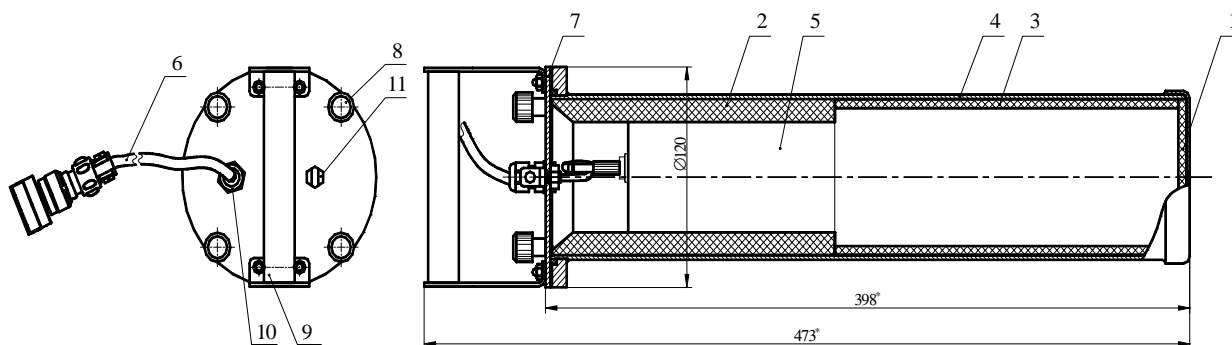
**1.4.2.4** Схема размещения устройства опорного и БОИ на контейнере представлена на рисунке 1.3.



1-кабель, 2-БОИ, 3-кронштейн, 4-винт фиксации, 5-контейнер,  
6-устройство опорное

**Рисунок 1.3 - Схема размещения устройства опорного и БОИ на контейнере**

**1.4.2.5** Общий вид контейнера с размещенным в нем БДКГ-11 представлен на рисунке 1.4. Контейнер состоит из сварного алюминиевого корпуса (4) с фланцем к которому четырьмя винтами (8) крепится крышка (7) с ручкой для переноски контейнера (9) и кабелем (6), соединяющим блок детектирования (5) с блоком обработки. Для надежной фиксации блока детектирования в контейнере имеется прижимная втулка (2) и прокладки (1 и 3) на внутренних стенках корпуса контейнера.

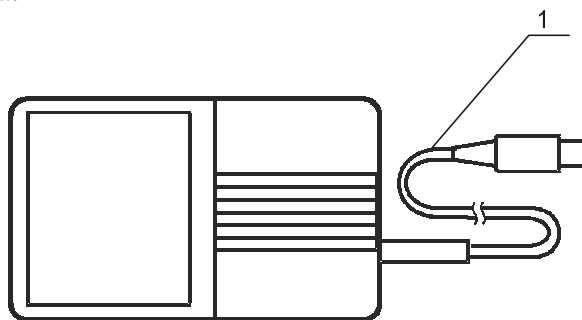


1,3 – прокладки; 2 – прижимная втулка; 4 – корпус; 5 – БДКГ-11; 6 – кабель;  
7 – крышка; 8 – винты крепления крышки; 9 – ручка; 10 – гермоввод;  
11 – зацеп для троса

**Рисунок 1.4 – Общий вид БДКГ-11 в контейнере**

**1.4.2.6** Общий вид сетевого адаптера приведен на рисунке 1.5. Сетевой адаптер используется для заряда БА.

Сетевой адаптер (СА) включается в розетку электрической сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц. Кабель (1) сетевого адаптера подсоединяют к разъему питания (6) БОИ (рисунок 1.2). Корпус адаптера изготовлен из полистирола.



1 – кабель.

**Рисунок 1.5 – Общий вид сетевого адаптера**

**1.4.2.7** Контрольная проба представляет собой пластмассовую упаковку, заполненную минеральным удобрением на основе калия хлористого с естественным радионуклидом  $K^{40}$ . Контрольная проба размещается на штатном месте в упаковочном футляре спектрометра и предназначена для обеспечения стабилизации энергетической шкалы измерительного тракта БДКГ-11 в процессе эксплуатации спектрометра. Маркировка контрольной пробы выполнена в виде этикетки на боковой поверхности упаковки с надписью «Контрольная проба, калий хлористый галургический ГОСТ 4568-95».

## 1.5 Маркировка и пломбирование

### 1.5.1 Маркировка спектрометра выполнена на задней стенке кожуха БОИ и торцевых поверхностях корпусов БД.

На задней стенке кожуха БОИ маркировка выполнена в виде этикетки и содержит:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- надпись БОИ;
- условное обозначение спектрометра;
- заводской номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- год изготовления;
- степень защиты корпуса IP54;
- надпись “Сделано в Беларуси”.

Этикетка выполнена на пленке с липким слоем с ламинированием.

Маркировка БД выполнена в виде этикеток на торцевых поверхностях корпусов и содержит:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- условное обозначение БД;
- заводской номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- год изготовления;
- надпись “Сделано в Беларуси”.

На корпусе БДКГ-11 имеется этикетка с предупреждающей надписью «**Внимание! Берегите от ударов**».

### 1.5.2 Маркировка транспортной упаковки выполнена по ГОСТ 14192-96 в виде бумажных этикеток, содержащих манипуляционные знаки, основные, дополнительные и информационные надписи. Надписи на этикетках выполнены типографским способом.

Этикетки наклеиваются на транспортную упаковку и ламинируются пленкой.

Манипуляционные знаки по ГОСТ 14192-96, наносимые на этикетки транспортных упаковок: “**ХРУПКОЕ. ОСТОРОЖНО**”, “**ВЕРХ**”,

“**БЕРЕЧЬ ОТ ВЛАГИ**”.

Основные надписи содержат наименование грузополучателя, наименование пункта назначения, количество грузовых мест в партии и порядковый номер места в партии.

Дополнительные надписи содержат наименование грузоотправителя и пункта отправления, надписи транспортных организаций.

Информационные надписи содержат массы брутто и нетто грузового места в килограммах.

**1.5.3** Пломбирование БОИ выполнено битумной мастикой в местах крепления передней и задней панелей.

Пломбирование БД выполнено в виде этикеток из разрушаемой пленки, наклеенных на торцевые поверхности корпусов блоков.

## **1.6 Упаковка**

**1.6.1** Все блоки и принадлежности спектрометра укладывают в специальный дипломат.

БОИ и контейнер с БД перед укладкой в дипломат помещают в полиэтиленовые пакеты. Затем дипломат помещают в пакет и в коробку из гофрокартона.

**1.6.2** В качестве транспортной тары используют ящик из ДВП или гофрокартона, в который укладывают коробку с дипломатом или несколько коробок с дипломатами. В качестве прокладочного материала для заполнения свободного пространства используют гофрокартон.

## 2 Подготовка спектрометра к использованию

### 2.1 Общие указания

- 2.1.1** В окружающей среде, в которой эксплуатируется спектрометр, содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержания коррозионно-активных агентов для атмосферы типа I по ГОСТ 15150-69.
- 2.1.2** Извлечь блоки спектрометра и принадлежности из упаковок.
- 2.1.3** Проверить комплектность спектрометра в соответствии с подразделом 1.3 «Состав спектрометра». Пломбы предприятия-изготовителя на блоках спектрометра не должны быть повреждены.
- 2.1.4** Провести внешний осмотр блоков спектрометра и принадлежностей:
- 1) проверить отсутствие видимых механических повреждений корпусов БД и БОИ, СА;
  - 2) проверить чистоту и исправность соединителей, состояние соединительных кабелей, четкость маркировочных надписей.
- 2.1.5** В случае работы со спектрометром в носимом варианте БОИ размещается с помощью плечевого ремня с регулируемой длиной на груди оператора или на контейнере (рисунок 1.3).

### 2.2 Включение спектрометра

Для выполнения спектрометром своих функций необходимо подсоединить контейнер с БД к БОИ.

**Внимание!** Подключение (отсоединение) кабеля осуществляют при отключенном питании спектрометра.


Спектрометр включается однократным кратковременным нажатием кнопки . В этот момент издается короткий звуковой сигнал и запускается самоконтроль. После успешного прохождения самоконтроля на ЖКИ появляется изображение как на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1

Удержание в этот момент кнопки  приведет к замиранию экрана, для детального изучения информации.

- 2.2.1** После завершения самоконтроля начинается процесс инициализации. Во время инициализации БОИ должен определить подключенный БДКГ-11; Если БОИ не обнаружил БД, то экран БОИ будет выглядеть как на рисунке 2.2.



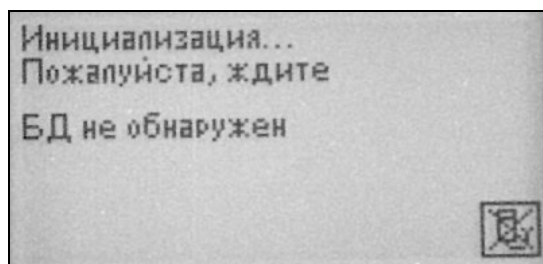


Рисунок 2.2

Если же БОИ обнаружил БД, то экран БОИ будет выглядеть примерно как на рисунке 2.3, с указанием идентификационных характеристик и типа обнаруженного БД.

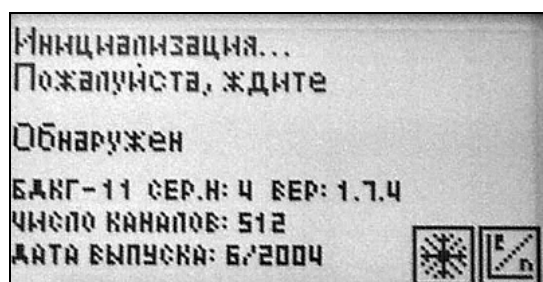




Рисунок 2.3

2.2.2 При включении спектрометра с разряженной БА в верхнем правом углу экрана появится пиктограмма  и спектрометр автоматически выключится.

## 2.3 Выключение спектрометра

Спектрометр выключается нажатием и удержанием кнопки  до появления сообщения на экране как на рисунке 2.4.

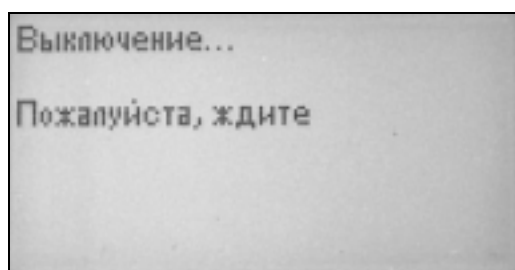





Рисунок 2.4

Через несколько секунд спектрометр выключится. При автоматическом выключении спектрометра после появления на табло символа разряда БА набранный на момент отключения спектр будет сохранен в каталоге спектров под нулевым номером (3.5.5)



## 2.4 Заряд БА

2.4.1 При работе в автономном режиме питание спектрометра осуществляется от встроенного БА, для заряда которого в спектрометре имеется автоматическое

зарядное устройство. Время непрерывной работы спектрометра не менее 12 ч при автономном питании от полностью заряженного БА.

**2.4.2** Заряд БА осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц через сетевой адаптер, на выходе которого формируется напряжение +12 В. Наличие напряжения + 12 В индицируется свечением светодиода «» цвета. Процесс заряда индицируется свечением светодиода «» желтого цвета. При достижении полного заряда БА светодиод «» гаснет. Время заряда полностью разряженного БА примерно 3 – 4,5 ч. Заряд БА возможен также от источника постоянного тока напряжением 12 В с выходным током не менее 1 А, например от бортсети автомобиля, для чего в комплект поставки входит специальный кабель. Заряжать БА рекомендуется при температуре окружающего воздуха  $20 \pm 5$  °С.

**2.4.3** Заряд БА необходимо провести в следующих условиях:

- если при нажатии на кнопку  спектрометр не включается;
- если на ЖКИ появляется символ разряда БА .

**2.4.4** Для предотвращения уменьшения емкости БА рекомендуется работать с спектрометром до момента наступления разряда, и лишь затем производить заряд БА. Также рекомендуется раз в месяц производить цикл полного разряда – заряда БА. При длительных перерывах в работе с спектрометром необходимо не реже одного раза в 6 месяцев полностью заряжать БА для компенсации саморазряда. Невыполнение этих рекомендаций уменьшает емкость батарей и может привести к преждевременному выходу их из строя.

## 2.5 Режим стабилизации

**2.5.1** Спектрометр с блоком детектирования БДКГ-11 имеет режим стабилизации, обеспечивающий автоматическую настройку масштаба энергетической шкалы измерительного тракта в соответствии с заводской градуировкой.

**2.5.2** Стабилизация осуществляется по реперному источнику гамма-излучения. В качестве реперного источника используется контрольная проба, содержащая соль КСl с естественным радионуклидом  $^{40}\text{K}$  с энергией гамма-линии 1460 кэВ. Контрольная проба входит в комплект поставки спектрометра и размещается при стабилизации на штатном месте в укладочном футляре спектрометра. В процессе стабилизации контейнер с БДКГ-11, подключенный к БОИ, также располагается в укладочном футляре на своем штатном месте.

**2.5.3** Стабилизацию необходимо проводить перед началом работ с БДКГ-11. В режим стабилизации невозможно войти если БДКГ-11 не прогрет.

**2.5.4** Стабилизация включает следующие автоматические операции: набор спектра от контрольной пробы до достижения количества зарегистрированных импульсов  $4 \cdot 10^4$ ; поиск и обработку обнаруженного пика полного поглощения от гамма-линии контрольной пробы; расчет, установку и запоминание нового кода усиления; проверку качества стабилизации.

2.5.5 Подменю «Стабилизация БД» находится в меню «Блок детектирования» и изображен на рисунке 2.5.

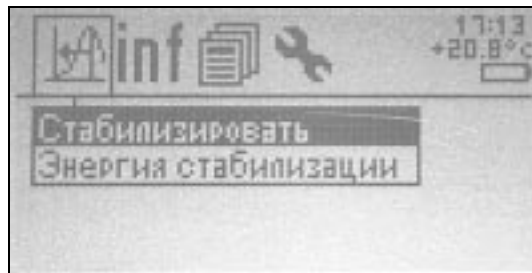


Рисунок 2.5

Выбор пункта подменю «Стабилизировать» приведет к появлению изображения как на рисунке 2.6.

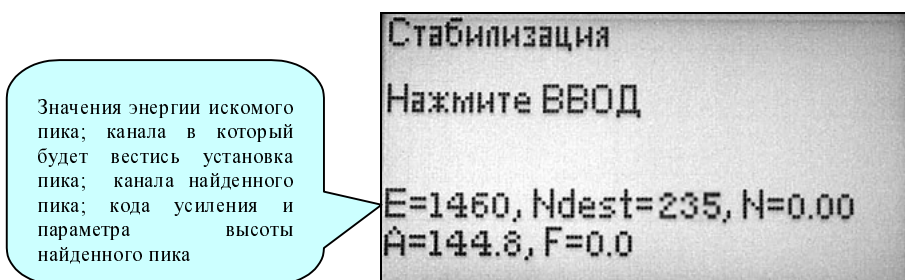


Рисунок 2.6

После выполнения требований режима на экране появится изображение как на рисунке 2.7.

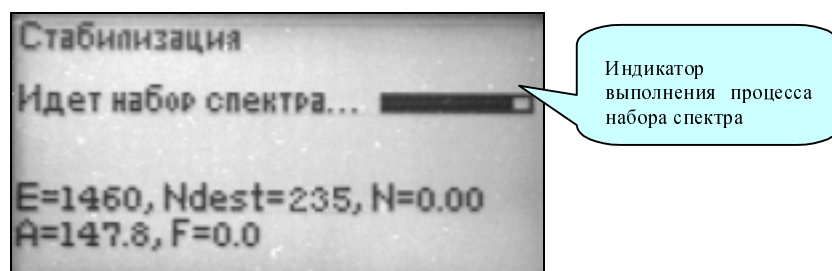


Рисунок 2.7

Спектрометр набирает спектр от контрольной пробы. Ход процесса набора спектра можно наблюдать по индикатору выполнения.

После набора спектра спектрометр произведет расчет положения пика (рисунок 2.8).

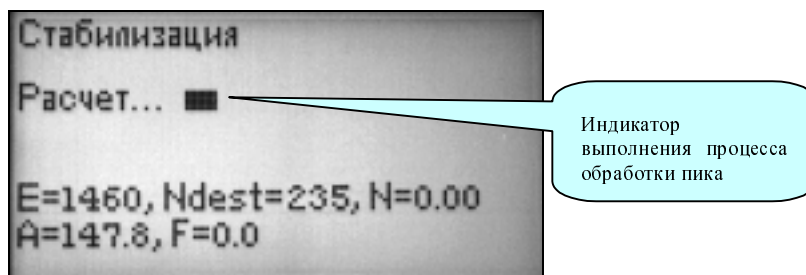


Рисунок 2.8

Если разница между расчетным положением пика  $N$  и положением пика  $N_{dest}$  не превышает 0,5 %, то стабилизация завершится (рисунок 2.9).

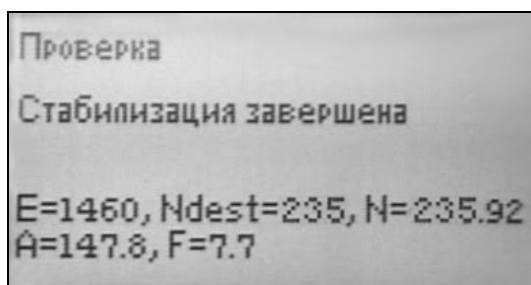



Рисунок 2.9

**2.5.6** Если после расчета положения пика на экране появляется пиктограмма  и сообщение «Установка усиления», то это свидетельствует о том, что спектрометр корректирует усиление. Установка усиления длится 40 секунд.

После установки усиления спектрометр совершит проверку качества стабилизации, т.е. наберет снова спектр от контрольной пробы (рисунок 2.10), и рассчитает новое положение пика  $N$ .

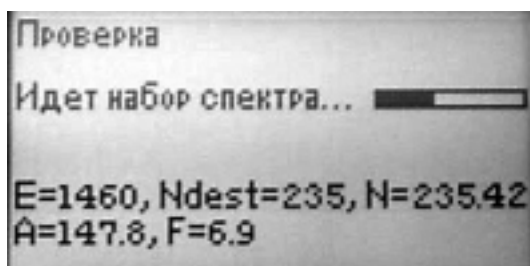



Рисунок 2.10

После успешного завершения стабилизации и проверки на экране появится изображение как на рисунке 2.9.

При этом новое положение пика от контрольной пробы должно находиться в пределах  $(N_{dest} \pm 0,005 \cdot N_{dest})$  канала, где  $N_{dest}$  – номер канала, соответствующий заводской градуировке спектрометра (рисунок 2.7).

**2.5.7** Может сложиться ситуация, когда спектрометр не обнаружит пик, тогда усиление будет установлено в 0, и спектрометр проведет стабилизацию повторно. Этот шаг позволит определить положение пика в предположении, что он до изменения усиления в 0 находился вне поля видимости алгоритма стабилизации.

Если в процессе стабилизации на экране появляется сообщение «Повторите стабилизацию», то это означает, что параметр высоты пика F, характеризующий относительную интенсивность излучения от контрольной пробы меньше 2 или положение пика не удовлетворяет условию, изложенному в 2.5.6. В этом случае

необходимо повторить стабилизацию, нажатием кнопки . Если после нескольких повторов ситуация не изменяется, то нужно обратиться к предприятию-изготовителю спектрометра для его ремонта.

Если в процессе стабилизации на экране появляется сообщение «Стабилизация невозможна», то это означает, что значение нового кода усиления A вышло за пределы допустимого диапазона (0 – 255). В этом случае нужно обратиться к предприятию-изготовителю спектрометра.

**2.5.8** Возможно провести стабилизацию от радиоактивного источника другого типа, при этом необходимо изменить параметр «Энергия стабилизации» в спектрометре.

Для изменения этого параметра войдите в подменю «Стабилизация БД» и выберите пункт подменю «Энергия стабилизации». Спектрометр перейдет в режим редактирования значения параметра «Энергия стабилизации» (рисунок 2.11). Этот параметр определяет положение устанавливаемого при стабилизации пика и область его поиска на спектре. Например, для стабилизации от радиоактивного источника  $^{137}\text{Cs}$  нужно ввести энергию 662 кэВ, а для стабилизации от естественного радиоактивного источника  $^{40}\text{K}$  вводят энергию 1460 кэВ.

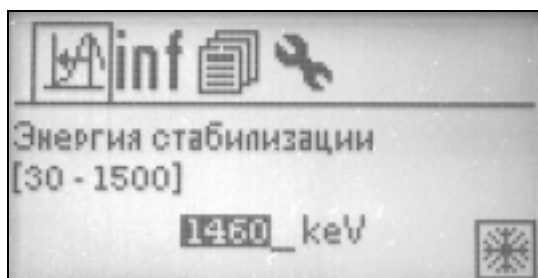


Рисунок 2.11

**2.5.9** Продолжительность процесса стабилизации от контрольной пробы, входящей в комплект поставки спектрометра, может составлять от 3 до 15 минут.

### 3 Использование по назначению

#### 3.1 Меры безопасности

- 3.1.1** По степени защиты от поражения электрическим током спектрометр соответствует оборудованию класса III по ГОСТ 12.2.091-2002 (МЭК 61010-1:1990), сетевой адаптер, входящий в комплект поставки спектрометра, - оборудованию класса II по СТБ МЭК 60065-2004.
- 3.1.2** Все работы по настройке, проверке, ремонту, техническому обслуживанию и поверке спектрометра, связанные с использованием радиоактивных источников, проводить в соответствии с требованиями гигиенических нормативов ГН2.6.1.8-127-2000 “Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000)” и санитарных правил и норм 2.6.1.8-8-2002 “Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002)”.
- 3.1.3** Спектрометр соответствует требованиям пожарной безопасности, установленным ГОСТ 12.1.004-91.  
Вероятность возникновения пожара не превышает  $10^{-6}$  в год.

#### 3.2 Самоконтроль

- 3.2.1** В режим самоконтроля спектрометр переходит сразу после включения питания, при этом издается короткий звуковой сигнал.
- 3.2.2** В случае успешного самоконтроля на экране в течении  $\sim 4$  секунд, индицируется стартовая картинка как на рисунке 2.1, после чего, начинается процесс инициализации согласно 2.2.1.
- 3.2.3** При обнаружении ошибок в процессе самоконтроля раздается последовательность звуковых сигналов, характеризующая тип неисправности:
- два сигнала – ошибка контроля ПЗУ;
  - три или четыре сигнала – ошибка инициализации логической схемы;
  - пять сигналов – ошибка данных, прочитанных из энергонезависимой памяти;
  - шесть сигналов – ошибка доступа к энергонезависимой памяти;
  - семь сигналов – ошибка шины данных оперативной памяти;
  - восемь сигналов – ошибка шины адреса оперативной памяти;

В этом случае дальнейшая работа со спектрометром невозможна, и необходимо обратиться на предприятие-изготовитель для осуществления ремонта.

#### 3.3 Общие сведения по графическому интерфейсу спектрометра

Спектрометр управляется при помощи графического интерфейса, его структура описана в разделе 3.3.1.

Информацию о пиктограммах можно найти в **приложении А**.

Виды протоколируемых событий описаны в **приложении Б**.

Описание процесса редактирования вводимых значений дано в **приложении В**.

Информацию о каталоге спектров можно найти в **приложении Г**.

### 3.3.1 Структура меню

Графический интерфейс БОИ представлен горизонтальными графическими меню (рисунок 3.1).

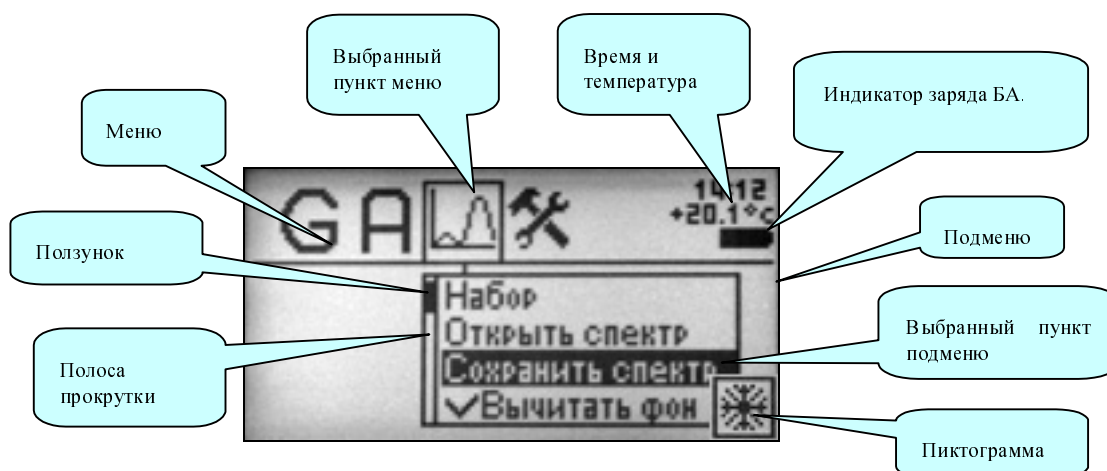






Рисунок 3.1

Каждый пункт такого меню представляет собой некоторую пиктограмму и имеет расшифровку внизу экрана, если на экране нет подменю. Переход по пунктам меню


осуществляется кнопками  и . Пользователю доступны три меню: главное меню, меню БД и меню интерфейса.

Нажатие кнопки  на пункте меню приведет к переходу в соответствующий режим. Вызов подменю осуществляется кнопкой .

Если в подменю более четырех пунктов, то все пункты подменю на экране не помещаются, и тогда слева появляется полоса прокрутки, ползунок которой показывает положение видимой части подменю.

Пункты подменю делятся на следующие типы:

- активизация которых приводит к входу в режим или в другое меню;
- активизация которых приводит к изменению некоторого состояния, такие пункты в активном состоянии маркируются слева символом ✓.

Сделать выход из подменю в меню или из любого режима в меню или сделать переход из меню БД в главное меню можно, нажав кнопку .

### 3.3.2 Общие кнопки

Некоторые кнопки выполняют одни и те же функции в большинстве режимов (рисунок 3.2). Это управление подсветкой и звуком, выход в меню и выключение спектрометра.

Только в режиме редактирования клавиша управления подсветкой выполняет функцию ввода цифры «8».

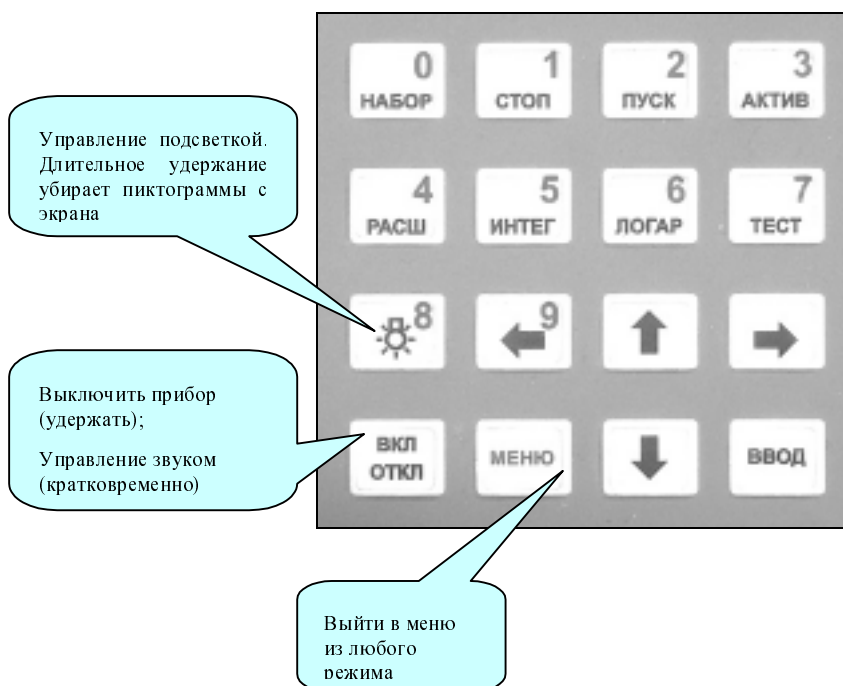


Рисунок 3.2

### 3.4 Режим измерения активности радионуклидов

Алгоритм измерения активности реализован в БОИ спектрометра и основан на матричном методе обработки энергетического распределения гамма-излучения, измеряемого БДКГ-11 в диапазоне энергий от 40 до 3000 кэВ. Аппаратное и программное обеспечение спектрометра позволяет реализовать до восьми геометрий измерения активности под конкретные задачи радиационного контроля. Каждая геометрия может содержать до семи предполагаемых составов радионуклидов, содержащихся в объекте или пробе. Состав радионуклидов может включать в себя от одного до четырех наименований изотопов. Например,  $^{137}\text{Cs}$ ;  $^{137}\text{Cs}+^{40}\text{K}$ ; естественные радионуклиды (ЕРН)  $^{40}\text{K}+^{226}\text{Ra}+^{232}\text{Th}$ ;  $^{137}\text{Cs}+\text{ЕРН}$ . Матричный метод обработки спектров при измерении активности предполагает, что радионуклидный состав пробы или объекта известен.

Основные технические данные и характеристики спектрометра МКС-АТ6101Д при измерении удельной активности ЕРН приведены в приложении Д.

Конкретное назначение спектрометра при измерении активности и его метрологические характеристики для данного назначения должны быть установлены в методике измерений, аттестованной в органах Госстандарта в установленном порядке.

#### 3.4.1 Выбор геометрии

Выбор геометрии осуществляется в подменю «Геометрия» (рисунок 3.3). При выборе уже выбранной геометрии автоматически раскрывается подменю «Активность». Если выбрана другая геометрия, то произойдет загрузка калибровочных данных, после окончания которой, будет доступно подменю «Активность».



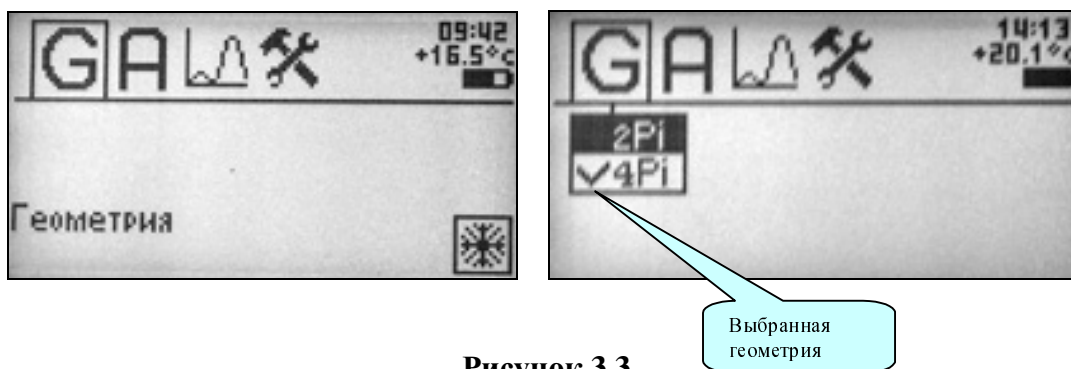


Рисунок 3.3

### 3.4.2 Измерение фонового спектра

Для измерения активности пробы или объекта необходимо наличие измеренного фонового спектра для геометрии, в которой необходимо провести измерения. Для этого нужно сначала выбрать геометрию в подменю «Геометрия». Затем начать измерение фонового спектра. От длительности набора фонового спектра зависит погрешность измерения активности. После этого сохранить спектр как фоновый, выбрав пункт подменю «Сохранить фон». После завершения этой операции спектр будет сохранен как фоновый для выбранной геометрии.

### 3.4.3 Выбор состава нуклидов

Состав нуклидов можно выбрать в подменю «Активность» (рисунок 3.4). Количество и наименование составов нуклидов зависит от выбранной геометрии. После выбора состава нуклидов происходит загрузка калибровки из БД. Далее спектрометр переходит в режим измерения активности с автоматическим вычитанием фонового спектра и отображением активности тех нуклидов, которые входят в выбранный состав (рисунок 3.5).

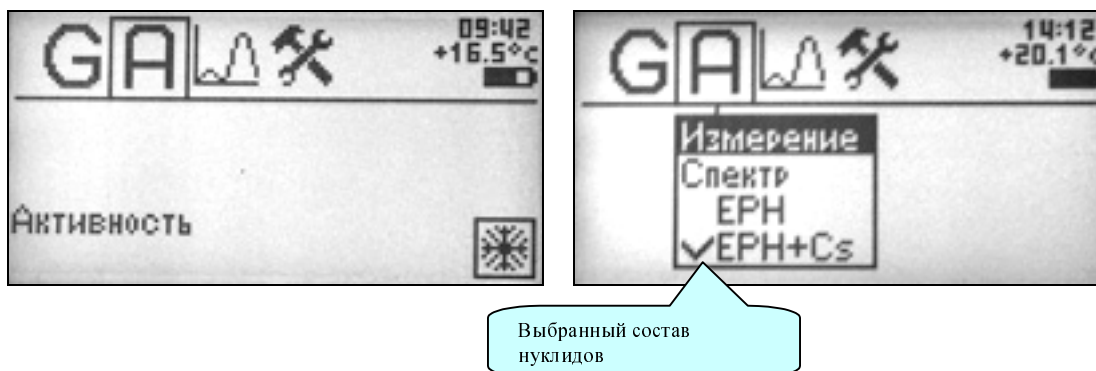


Рисунок 3.4.

Активность		13s
Геометрия: 4Pi		
Cs-137	0.00±41.88	Bq/kg
K-40	0.00±0.00	Bq/kg
Ra-226	1.68±1.21	kBq/kg
Th-232	284±80	Bq/kg

Рисунок 3.5

В зависимости от выбранного режима индикации отображаться могут как активности нуклидов с абсолютными погрешностями (рисунок 3.5), так и с относительными погрешностями (рисунок 3.6), а также эффективная активность ЕРН (рисунок 3.7).

Активность		31s
Геометрия: 4Pi		
Cs-137	<28.01 Bq/kg	
K-40	0.00 Bq/kg	
Ra-226	885 Bq/kg	91%
Th-232	312 Bq/kg	18%

Рисунок 3.6

Активность		29s
Геометрия: 4Pi		
Эффективная		
269±63		Bq/kg

Рисунок 3.7

Назначение кнопок клавиатуры в режиме измерения активности изображено на рисунке 3.8

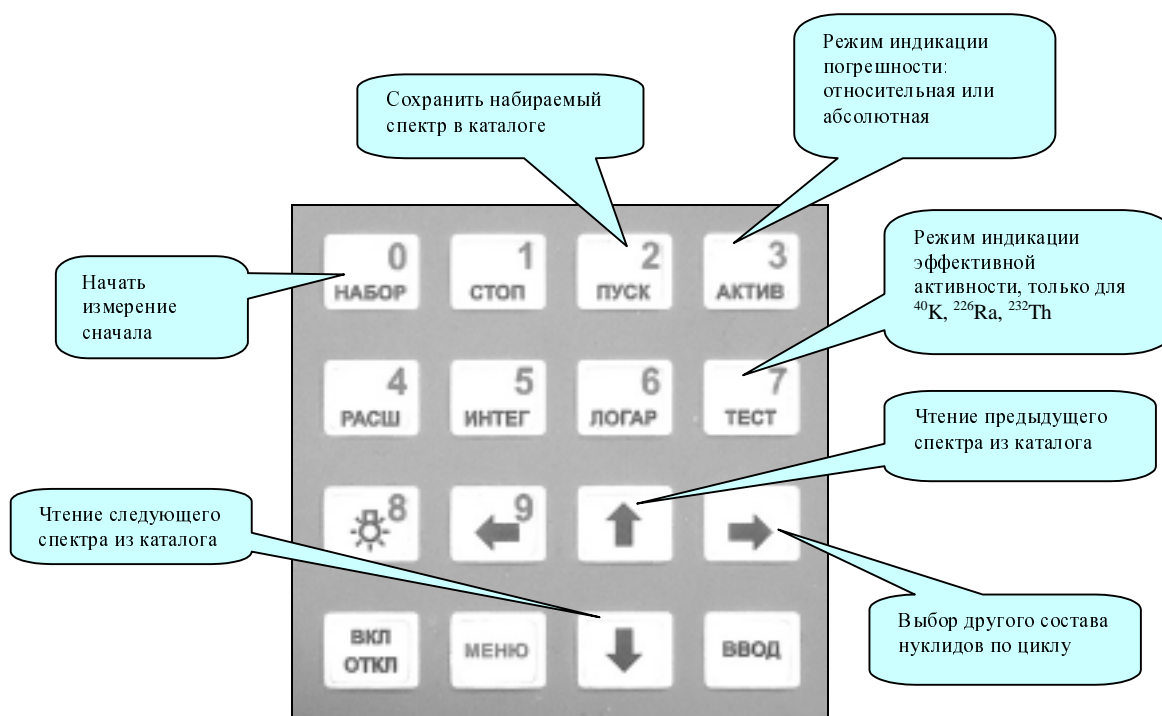




Рисунок 3.8

Функции кнопок  и  позволяют после операции загрузки спектра из каталога под номером N (см. 3.5.4) осуществлять чтение из каталога предыдущих и последующих спектров соответственно с номерами N-1, N-2, ... и N+1, N+2, ... .

### 3.5 Спектрометрический режим

Спектрометрический режим используется для измерения, анализа и обработки спектров.

Подменю «Измерение спектра» показано на рисунках 3.9 и 3.10.

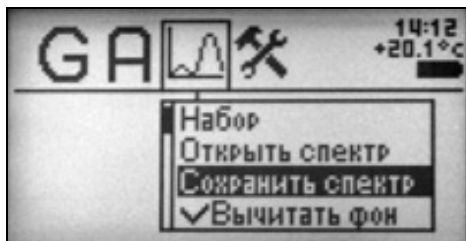


Рисунок 3.9

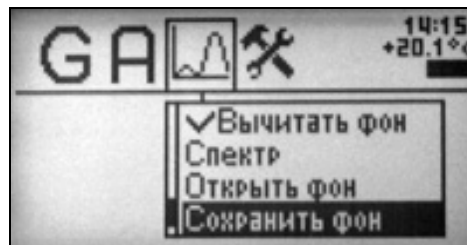


Рисунок 3.10

Изображение спектрометрического режима показано на рисунке 3.11.

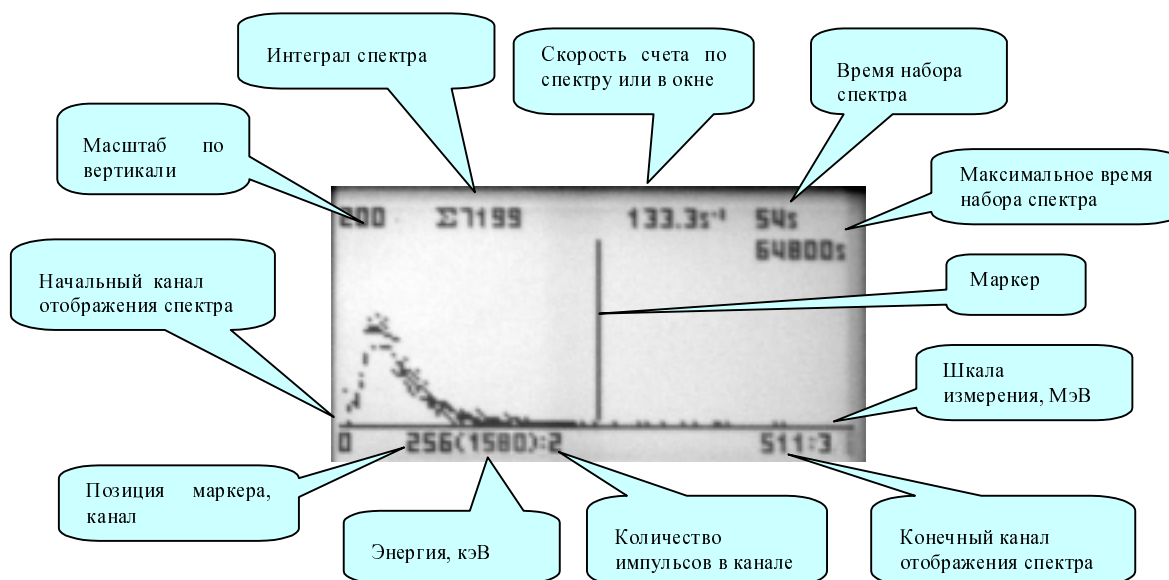


Рисунок 3.11

Масштаб по вертикали показывает максимальное значение количества импульсов в каналах спектра, отображаемых на экране.

Интеграл спектра рассчитывается по всему спектру независимо от значений начального и конечного канала отображения спектра. Лишь в режиме работы с двумя маркерами интеграл рассчитывается в границах маркеров включительно.

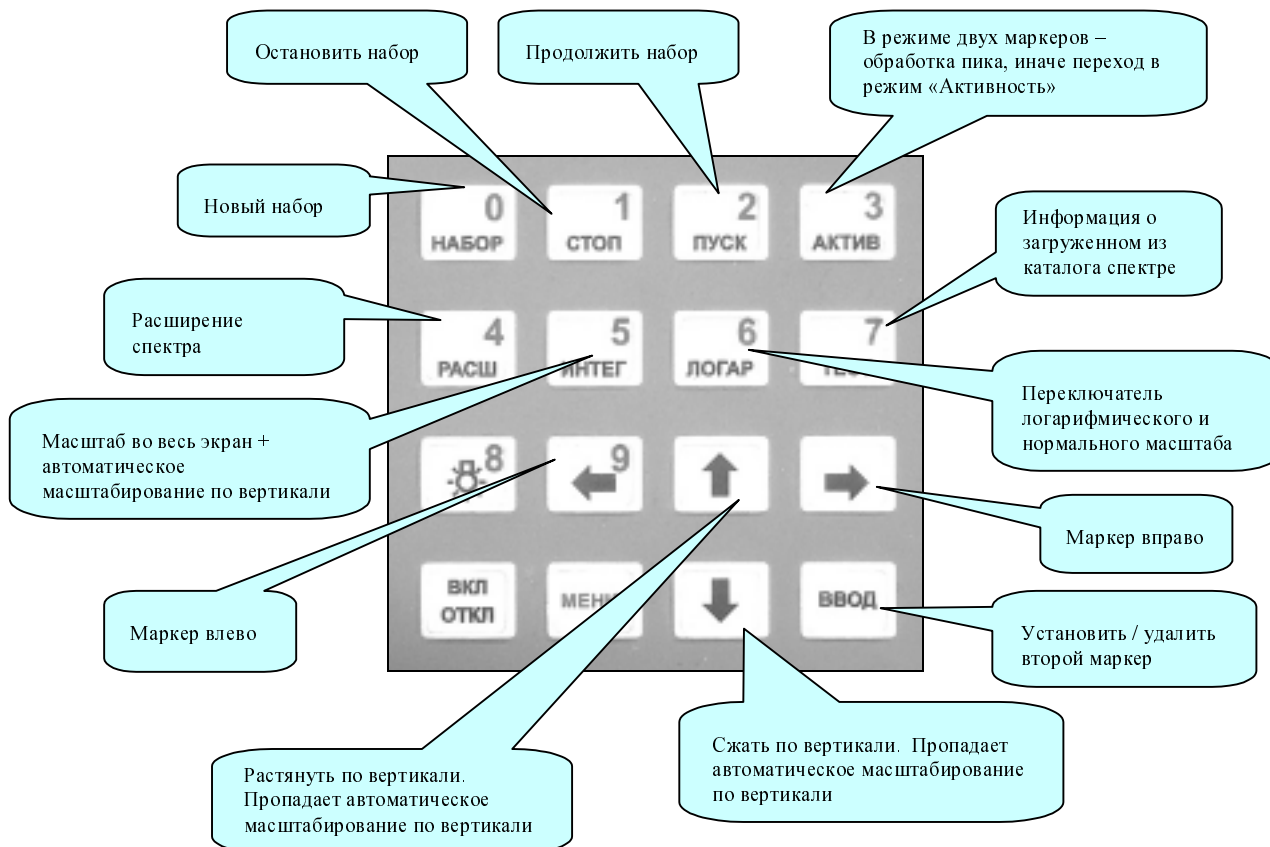
Скорость счета по спектру рассчитывается как интеграл, деленный на “живое” время набора спектра. Соответственно в режиме работы с двумя маркерами скорость счета вычисляется в границах маркеров включительно.

О том, что спектр набирается, свидетельствует ход времени набора спектра, при этом погрешность времени набора спектра не превышает 1с.

Начальный и конечный канал отображения показывают границы вывода спектра на экран. Эти параметры меняются при масштабировании спектра.

После позиции маркера в каналах отображается в скобках значение энергии в килоэлектронвольтах (кэВ), соответствующее градуировочной характеристике преобразования спектрометра.

На рисунке 3.12 показано распределение функций на клавиатуре в спектрометрическом режиме.



**Рисунок 3.12**

Ниже приведено описание функций:

- «Новый набор» – эта функция позволяет начать новый набор спектра;
- «Остановить набор» – эта функция позволяет остановить набор спектра;
- «Продолжить набор» – эта функция позволяет продолжить набор спектра;
- «Обработка пика» в соответствии с 3.5.3;
- «Переключение логарифмического и нормального масштаба» – функция необходима для анализа спектра в логарифмическом масштабе;
- «Установить / удалить второй маркер» – функция используется для обработки пика, для анализа суммы импульсов и скорости счета в выбранном окне спектра и для масштабирования в выбранных границах. При попеременном вызове этой функции происходит циклический обмен

маркерами (первый становится вторым, второй – первым). Первым считается подвижный маркер;

- «Масштабирование по вертикали» – эта функция необходима для визуального анализа пиков низкой интенсивности, которые при наличии пиков высокой интенсивности не видны на спектре в данном масштабе. При использовании этой функции режим автоматического масштабирования по вертикали в момент набора спектра отключается. Для его включения нужно использовать функцию «Масштаб во весь экран»;
- «Масштаб во весь экран» – выводит спектр во весь экран и включает автоматическое вертикальное масштабирование;
- «Расширение спектра» – используется для более детального анализа участков спектра, например пиков. Работает как в режиме одного маркера относительно его позиции, так и в режиме двух маркеров с расширением спектра между ними;
- «Информация о загруженном из каталога спектре» – выводит на табло окно с датой и временем сохранения спектра в каталоге, а также температуру на момент сохранения спектра.

### 3.5.1 Набор

Выберите пункт «Набор», чтобы попасть в режим измерения спектра.

Если набор остановлен или не инициирован, то выбор пункта «Набор» приведет в режим «Измерения спектра» с инициацией нового набора.

Чтобы продолжить остановленный ранее набор спектра, нужно войти в спектрометрический режим через пункт «Спектр» и продолжить набор спектра (функция «Продолжить набор»).


### 3.5.2 Спектр

Данный режим позволяет анализировать текущий спектр, который последним был получен от БД.

БОИ получает спектры БД только в спектрометрическом режиме, если инициирован набор спектра, а также в режиме измерения активности и в режиме стабилизации.

### 3.5.3 Обработка пика

Для обработки пика необходимо в спектрометрическом режиме выделить пик двумя маркерами, расставив каждый из них примерно на середине левого и правого склона пика.

Далее нужно нажать кнопку . На экране должно появиться окно как на рисунке 3.13.

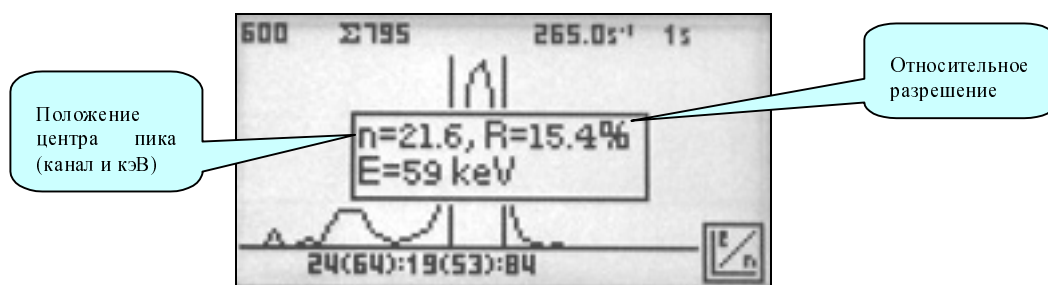


Рисунок 3.13

Положение центра пика “n” рассчитывается методом средневзвешенного значения, а относительное разрешение R – методом линейной интерполяции согласно ГОСТ 26874.

Если в появившемся окне нет информации о разрешении, то это означает, что пик находится на высокой подставке и невозможно определить его разрешение или что нет калибровки по энергии.

Окно обработки пика может вовсе не появиться, если в выбранной области все каналы обнулены.

### 3.5.4 Загрузка спектра из каталога

Чтобы открыть хранимый в БД спектр нужно в подменю «Измерение спектра» выбрать пункт «Открыть спектр». После чего на экране появится каталог спектров (приложение Г) как на рисунке 3.14.

КАТАЛОГ СТРАНИЦА: 1/9



29.12.03	15:13:19	0
11.08.03	16:22:50	1
13.08.03	09:35:28	2
13.08.03	09:56:53	3
18.08.03	15:40:44	4
28.08.03	12:00:29	5
04.09.03	10:31:08	6
04.09.03	10:38:45	7
04.09.03	10:43:19	8

Дата и время записи спектра


Текущая страница и количество страниц каталога

Номер спектра N

Рисунок 3.14

Кнопками  и  можно листать каталог, если количество его страниц более одной.

Определитесь с номером спектра N, который необходимо открыть по дате и времени сохранения.

Нажмите кнопку , и БОИ предложит ввести номер спектра, попутно предложив номер последнего сохраненного спектра (рисунок 3.15).

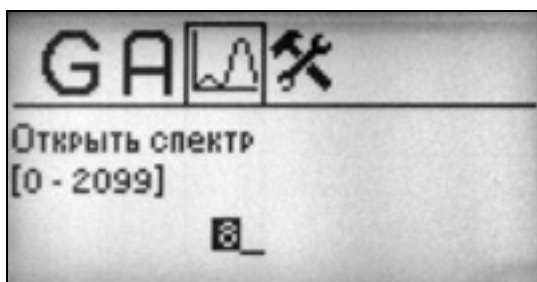


Рисунок 3.15

После ввода номера спектра на экране появится окно с индикатором выполнения, которое предложит дождаться окончания загрузки спектра с БД (рисунок 3.16).



Рисунок 3.16

По окончании загрузки на экране появится окно с информацией о спектре (рисунок 3.17).

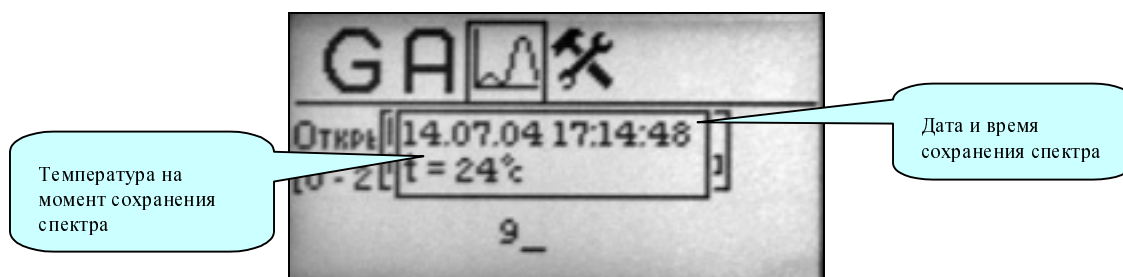



Рисунок 3.17

После нажатия кнопки  спектрометр перейдет в спектрометрический режим для отображения открытого спектра. При этом если был запущен набор спектра, то он не будет остановлен.

### 3.5.5 Сохранение спектра в каталоге

Чтобы сохранить текущий спектр в БД, нужно в подменю «Измерение спектра» выбрать пункт «Сохранить спектр». При этом на экране появится изображение как на рисунке 3.18.

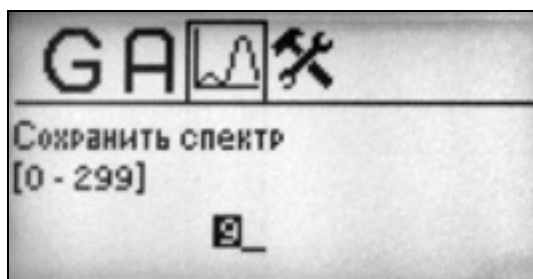


Рисунок 3.18

В этом режиме нужно ввести номер, под которым необходимо сохранить спектр. При этом спектрометр сначала предлагает первый свободный номер в каталоге спектров. После ввода номера на экране появится предложение дождаться окончания записи спектра в БД (рисунок 3.19).



Рисунок 3.19

По окончании записи спектра спектрометр перейдет в режим меню. В момент записи вместе со спектром сохраняются текущие температура, дата и время.

### 3.5.6 Вычитание фонового спектра

Режим вычитания фонового спектра включается в подменю «Измерение спектра» выбором пункта «**Вычитать фон**». При этом если режим вычитания включен, то перед пунктом подменю должен стоять символ « $\checkmark$ » (рисунок 3.20).

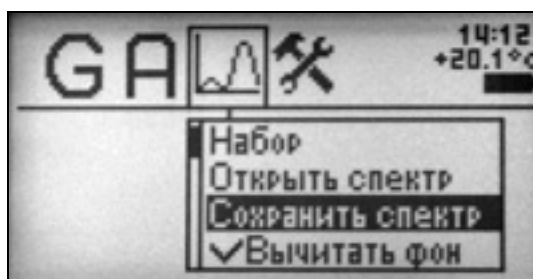


Рисунок 3.20

Вычитание фона позволит измерять и отображать спектр за вычетом фонового спектра.

В спектрометрическом режиме с вычитанием фона в правом верхнем углу отображается текст «**-фон**».



### 3.5.7 Очистка каталога спектров

Оператор может по собственной инициативе очистить каталог спектров. Для этого нужно войти в подменю «Дополнительные опции» меню «Блок детектирования» как на рисунке 3.21.

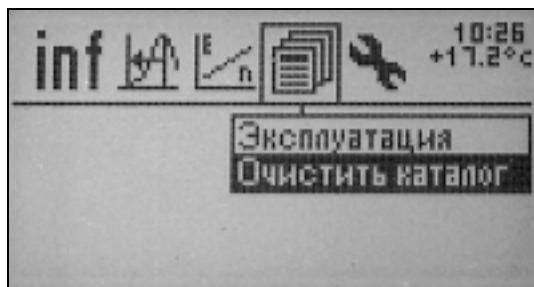





Рисунок 3.21

После выбора пункта «Очистить каталог» спектрометр запросит подтверждение в виде ввода последовательности цифр «123» для безопасности. После подтверждения каталог спектров будет очищен, но сами спектры останутся нетронутыми в БД и сохранят свое положение под своими номерами.

### 3.5.8 Ввод времени набора спектра

Если необходимо ввести конкретное время набора, то нужно выбрать пункт меню «Время набора». После включения прибора автоматически устанавливается максимальное время набора, равное 64800 с. Если, в процессе набора оператор переустановил время набора, то установленное время набора применяется, если

начать набор спектра сначала, нажав кнопку .

Набор спектра можно остановить, а затем продолжить, используя соответственно кнопки  и . По истечении заданного времени набор спектра останавливается, при этом издаётся звуковой сигнал.

## 3.6 Режим просмотра протокола

В режим просмотра протокола можно попасть, выбрав пункт «Смотреть» подменю «Протокол» (рисунок 3.22).

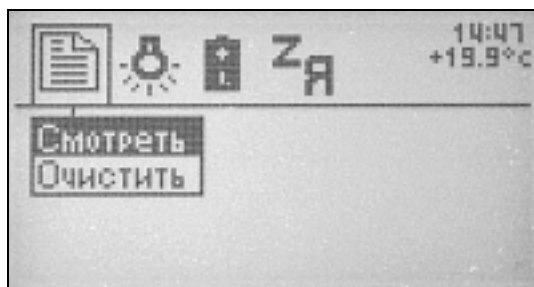


Рисунок 3.22

Режим просмотра протокола изображен на рисунке 3.23.

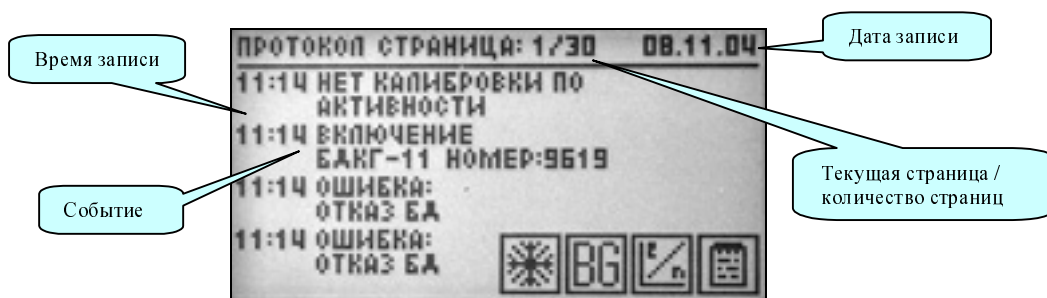


Рисунок 3.23

Кнопками  и  можно листать протокол постранично.

### 3.6.1 Очистка протокола

Очистка протокола происходит по выбору пункта «Очистить» подменю «Протокол». Далее спектрометр спросит подтверждение совершения операции путем ввода последовательности цифр «123» для безопасности. После этого протокол будет очищен.

## 3.7 Управление подсветкой

Подменю управления подсветкой показано на рисунке 3.24.

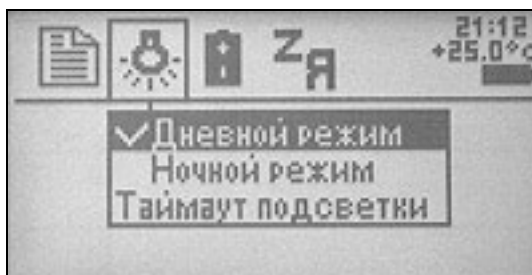




Рисунок 3.24

В спектрометре реализованы два режима работы подсветки: «Дневной» и «Ночной».

«Дневной» режим – подсветка включается и выключается принудительно нажатием кнопки . Выключается по установленному таймауту.

«Ночной» режим – подсветка включается, если выключена, при нажатии любой кнопки. Выключается принудительно по кнопке  или по таймауту в режиме меню и в неактивных режимах, т.е. которые не обновляют информацию на экране.

Пункт «Таймаут» позволяет настроить нужную задержку удержания подсветки в секундах.

## 3.8 Управление питанием

Подменю управления питанием показано на рисунке 3.25.

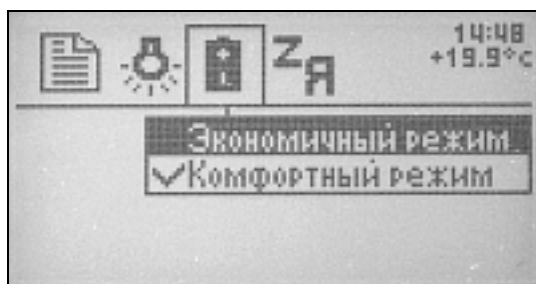


Рисунок 3.25

Пункт «**Экономичный режим**» снижает скорость выполнения почти всех сервисных функций спектрометра, тем самым, снижая потребление питания и увеличивая время работы от БА.

Пункт «**Комфортный режим**» устанавливает скорость выполнения всех сервисных функций на максимум, тем самым, увеличивая потребление, но создавая более комфортные ощущения при работе в спектрометрическом и других режимах.

### 3.9 Язык интерфейса

Подменю «**Языковые настройки**» показано на рисунке 3.26.

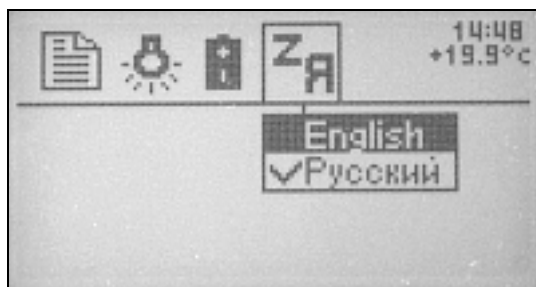


Рисунок 3.26

Выбором соответствующего пункта подменю спектрометр позволяет легко переключать язык интерфейса с русского на английский и обратно.

### 3.10 Часы

Спектрометр имеет встроенные часы и календарь, которые питаются от литиевой батарейки и идут независимо от того включено питание спектрометра или нет.

Чтобы попасть в этот режим нужно выбрать пункт «**Часы**» подменю «**Настройка спектрометра**» (рисунок 3.27).

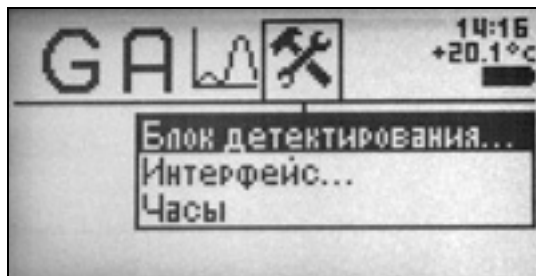


Рисунок 3.27

При этом на экране появятся текущая дата и время (рисунок 3.28).

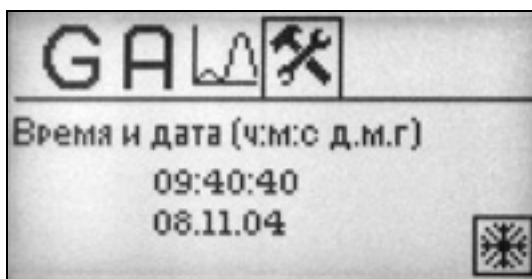



Рисунок 3.28

Кнопка  работает как выход в режим меню

Кнопка  переведет спектрометр в режим редактирования с начала времени, затем даты. Символы «.» и «:» ставятся при редактировании также как и десятичная запятая при вводе чисел.

**(Внимание!)** Часы не делают автоматического переключения на летнее и зимнее время. Это должен делать оператор.

### 3.11 Информация о БД

Пункт меню «**Информация о БД**» находится в меню «**Блок детектирования**».

Режим отображения информации о БД показан на рисунке 3.29.

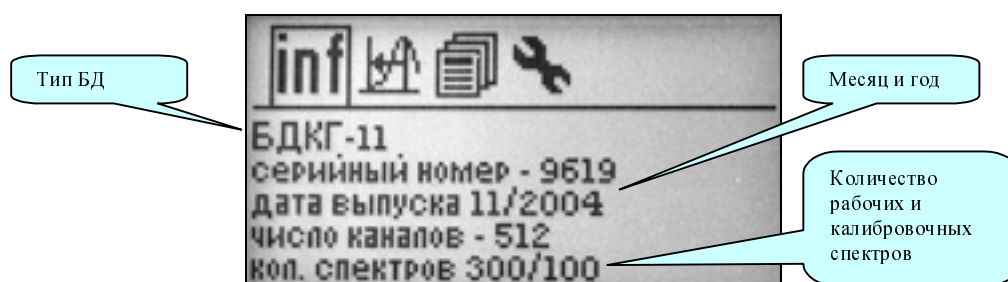


Рисунок 3.29

### 3.12 Просмотр информации об эксплуатации БД

Выбор пункта «**Эксплуатация**» подменю «**Дополнительные опции**» меню «**Блок детектирования**» переводит спектрометр в режим отображения эксплуатационной характеристики БД - наработка часов. Отображается информация для БДКГ-11.

## 4 Особенности эксплуатации

- 4.1 В процессе эксплуатации спектрометра во избежание повреждений необходимо соблюдать осторожность при обращении с ним, тщательно оберегать БОИ и БД от ударов и падений.
- 4.2 В случае попадания радиоактивной пыли на корпуса БОИ и БД спектрометра необходимо удалить ее тканью, смоченной этиловым спиртом. Расход спирта на полную дезактивацию спектрометра при двукратной обработке составляет 100 мл.

## 5 Техническое обслуживание

- 5.1 Техническое обслуживание спектрометра проводят с целью поддержания его в постоянной исправности и для надежной работы в течение длительного периода эксплуатации.
- 5.2 Техническое обслуживание заключается в проведении профилактических работ не реже одного раза в месяц, а также профилактического заряда БА при хранении спектрометра в течение 6 месяцев.
- 5.3 Профилактические работы проводятся на месте эксплуатации и включают в себя:
- внешний осмотр;
  - проверку состава спектрометра в соответствии с требованиями 1.3 “Состав спектрометра”;
  - удаление пыли и грязи с наружных поверхностей блоков спектрометра и его принадлежностей, протирку контактов разъемных соединителей блоков и кабелей этиловым спиртом.
- Расход спирта на профилактические работы составляет 50 мл.
- 5.4 Профилактический заряд БА проводят в соответствии с требованиями 2.4.

## 6 Поверка

### 6.1 Вводная часть

- 6.1.1** Настоящий раздел устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки и соответствует ГОСТ 26874-84 «Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерений основных параметров», Методическим указаниям МИ 1788-87 "Приборы дозиметрические для измерения экспозиционной дозы и мощности экспозиционной дозы, поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы в воздухе фотонного излучения. Методика поверки", ГОСТ 8.040–84 “Радиометры загрязненности поверхностей бета-активными веществами. Методика поверки”, ГОСТ 8.041-84 “Радиометры загрязненности поверхностей альфа-активными веществами. Методика поверки”.
- 6.1.2** Первичной поверке подлежат спектрометры, выпускаемые из производства или выходящие из ремонта, влияющего на метрологические характеристики.
- 6.1.3** Периодической поверке подлежат спектрометры, находящиеся в эксплуатации.
- 6.1.4** Поверка спектрометров, должна проводиться органами метрологической службы Госстандарта.

Межповерочный интервал - один год.

### 6.2 Операции поверки

- 6.2.1** При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 6.1.

**Таблица 6.1**

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6.7.1	Да	Да
2 Опробование	6.7.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик:	6.7.3	Да	Да
3.1 определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения;	6.7.3.1	Да	Да
3.2 определение относительного энергетического разрешения;	6.7.3.2	Да	Да
3.3 определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида $^{137}\text{Cs}$ ;	6.7.3.3	Да	Да

**Продолжение таблицы 6.1**

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
3.4 определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (мощности амбиентной дозы) гамма-излучения (для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В);	6.7.3.4,	Да	Да
	6.7.3.5	Да	Да
	6.7.3.6	Да	Да
3.5 определение основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения (для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В);	6.7.3.6	Да	Да
3.6 определение основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения (для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В)	6.7.3.7	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	6.8.1, 6.8.2, 6.8.3	Да Да Да	Да Да Да

**6.3 Средства поверки**

**6.3.1** При проведении поверки должны применяться средства измерения и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 6.2.

**Таблица 6.2**

Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования	Основные метрологические характеристики	Номер пункта методики при	
		первичной поверке	периодической поверке
Образцовые спектрометрические источники гамма-излучения ОСГИ-3 ТУ 017.0021-89	Поток фотонов в телесный угол $4\pi$ стерадиан от $7 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^5$ с <sup>-1</sup> .  Погрешность аттестации по активности не более $\pm 6$ %.	6.7.3.1, 6.7.3.2, 6.7.3.3	6.7.3.1, 6.7.3.2, 6.7.3.3
Эталонная дозиметрическая установка гамма-излучения по ГОСТ 8.087-2000 с набором источников <sup>137</sup> Cs	Диапазон измерения мощности кермы в воздухе от 0,025 мГр/ч до 8,33 мГр/ч.  Погрешность аттестации установки не более $\pm 5$ %.	6.7.3.4, 6.7.3.5	6.7.3.4, 6.7.3.5

## Продолжение таблицы 6.2

Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования	Основные метрологические характеристики	Номер пункта методики при	
		первичной поверке	периодической поверке
Образцовые источники альфа-излучения с радионуклидом $^{239}\text{Pu}$ типов 4П9, 5П9, 6П9 с площадью рабочей поверхности 40, 100 и 160 $\text{см}^2$ соответственно	Плотность потока от 0,5 до $10^5 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ . Погрешность аттестации образцовых источников не более $\pm 6 \%$ .	6.7.3.6	6.7.3.6
Образцовые источники бета-излучения с радионуклидом $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ типов 4С0, 5С0, 6С0 с площадью рабочей поверхности 40, 100 и 160 $\text{см}^2$ соответственно.	Плотность потока от 3 до $5 \cdot 10^5 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ . Погрешность аттестации образцовых источников не более $\pm 6 \%$ .	6.7.3.7	6.7.3.7
Термометр	Цена деления 1 $^{\circ}\text{C}$ . Диапазон измерения температуры от 10 до 40 $^{\circ}\text{C}$ .	6.6.1	6.6.1
Барометр	Цена деления 1 кПа. Диапазон измерения атмосферного давления от 60 до 120 кПа.	6.6.1	6.6.1
Измеритель влажности	Диапазон измерения относительной влажности воздуха от 20 до 90 %. Погрешность измерения не более $\pm 5 \%$ .	6.6.1	6.6.1
Дозиметр гамма-излучения	Диапазон измерения внешнего фона от 0,1 до 10 мкЗв/ч; допускаемая основная относительная погрешность $\pm 20 \%$ .	6.1	6.1
<b>Примечания</b>			
1 Все средства измерения должны иметь действующие клейма и (или) свидетельство о проведении поверки. Допускается применять другие средства измерения с метрологическими характеристиками, не хуже указанных.			
2 Толщина обоймы источников типа ОСГИ-3 должна быть $(3,0 \pm 0,1)$ мм.			
3 Переход к единицам амбиентной дозы (Зв) от единиц кермы в воздухе (Гр) для гамма-излучения источника $^{137}\text{Cs}$ осуществляется с помощью коэффициента преобразования, равного 1,20 Зв/Гр.			



## 6.4 Требования к квалификации поверителей

- 6.4.1** К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускают лиц, аттестованных в качестве государственных поверителей в установленном порядке.

## 6.5 Требования безопасности

- 6.5.1** По степени защиты от поражения электрическим током спектрометры соответствуют оборудованию класса III по ГОСТ 12.2.091-2002 (МЭК 61010-1:1990), а сетевой адаптер, входящий в комплект поставки спектрометров и используемый для заряда блока аккумуляторов – оборудованию класса II по СТБ МЭК 60065-2004.
- 6.5.2** При проведении поверки должны быть соблюдены "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002)" и требования "Норм радиационной безопасности (НРБ-2000)".
- 6.5.3** Процесс поверки должен быть отнесен к работе с особо вредными условиями труда.

## 6.6 Условия поверки и подготовка к ней

- 6.6.1** Поверку необходимо проводить в следующих условиях:
- температура окружающей среды  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;
  - относительная влажность воздуха  $60 (+20; -30) \%$ ;
  - атмосферное давление  $101,3 (+5,4; -15,3) \text{ кПа}$ ;
  - внешний фон гамма-излучения не более  $0,20 \text{ мкЗв/ч}$ .
- 6.6.2** Поверка спектрометров осуществляется от полностью заряженного встроенного блока аккумуляторов.
- 6.6.3** Перед проведением поверки необходимо:
- а) внимательно ознакомиться с настоящим руководством по эксплуатации на спектрометр;
  - б) выдержать спектрометр в укладочном футляре в нормальных условиях в течение 2 ч;
  - в) подготовить средства измерения и вспомогательное оборудование к поверке в соответствии с их технической документацией.

## 6.7 Проведение поверки

### 6.7.1 Внешний осмотр

#### 6.7.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяют:

- а) соответствие комплектности поверяемого спектрометра требованиям раздела 1 в объеме, необходимом для поверки;
- б) наличие свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);

- в) наличие четких маркировочных надписей на блоке обработки информации (БОИ) и блоках детектирования (БД) спектрометра;
- г) отсутствие загрязнений, механических повреждений, влияющих на работу спектрометра.

## 6.7.2 Опробование

6.7.2.1 При проведении опробования выполняют следующие операции:

- проводят самоконтроль основных узлов в соответствии с разделом 3;
- проводят проверку светозащищенности блока детектирования альфа-излучения (БДПА-01), блока детектирования бета-излучения (БДПБ-01).

6.7.2.2 Проверку светозащищенности БДПА-01, БДПБ-01 проводят в следующей последовательности:

- измеряют фоновую скорость счета при снятой с БД крышке за время не менее 1000 с в соответствии с разделом 3;
- устанавливают на расстоянии 40-50 см от рабочей поверхности БД лампу накаливания мощностью 40 Вт и включают ее;
- измеряют фоновую скорость счета за время не менее 1000 с при дополнительном освещении.

Светозащищенность БД считают удовлетворительной, если фоновая скорость счета спектрометра при дополнительном освещении и без дополнительного освещения не превышает  $0,01 \text{ с}^{-1}$  для БДПА-01,  $10 \text{ с}^{-1}$  для БДПБ-01.

## 6.7.3 Определение метрологических характеристик

6.7.3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения проводят в следующей последовательности:

- а) подключают блок детектирования гамма-излучения БДКГ-05 (для МКС-АТ6101) БДКГ-11 (для МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В), контейнер с размещенным в нем БДКГ-11 (для МКС-АТ6101Д), к БОИ;

*Примечание* – Перед проверкой МКС-АТ6101Д с торцевой поверхности корпуса контейнера должен быть снят защитный резиновый амортизатор. По окончании проверки амортизатор должен быть установлен на контейнер.


- б) включают питание спектрометра, согласно разделу 2, и выдерживают его во включенном состоянии до исчезновения пиктограммы  на табло БОИ;
- в) проводят стабилизацию спектрометра согласно разделу 2;
- г) устанавливают поочередно источники гамма-излучения типа ОСГИ-3, указанные в таблице 6.3, по оси БД и перед его торцевой поверхностью;

Таблица 6.3

Номер источника, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Радионуклид	<sup>137</sup> Cs	<sup>241</sup> Am	<sup>57</sup> Co	<sup>139</sup> Ce	<sup>113</sup> Sn	<sup>54</sup> Mn	<sup>22</sup> Na	<sup>88</sup> Y	<sup>228</sup> Th
Энергия излучения E <sub>oi</sub> , кэВ	32 <sup>1)</sup> ; 662	59,5	122	166	392	835	1 275	1 836 <sup>2)</sup>	2 614 <sup>2)</sup>

**Примечания**

- 1<sup>1)</sup> - используют только при поверке МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В в диапазоне энергий от 20 до 1500 кэВ.  
 2<sup>2)</sup> – используют только при поверке в диапазоне энергий от 40 до 3000 кэВ.

- д) инициируют процесс набора спектра согласно разделу 3;  
 е) оценивают скорость счета импульсов по спектру от источника по показаниям, индицируемым на табло БОИ. Она должна находиться в пределах от 250 до 10000 с<sup>-1</sup>;  
 ж) если это требование не выполняется, изменяют расстояние между источником и торцевой поверхностью корпуса БД и повторяют операции по методике 6.7.3.1 (г - ж);  
 и) измеряют спектр от источника до достижения значения числа импульсов в пике полного поглощения (ППП) не менее 2000;  
 к) определяют положение центра ППП n<sub>i</sub> и измеренное значение энергии гамма-излучения E<sub>i</sub> (кэВ) согласно разделу 3, при этом для более детального анализа формы ППП используют процедуру расширения спектра в режиме отображения с одним маркером, установленным примерно в центр ППП;  
 л) переключают спектрометры МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В в диапазон измеряемых энергий 40-3000 кэВ согласно разделу 3 и повторяют операции по методике 6.7.3.1 (в-м);  
 м) определяют основную относительную погрешность характеристики преобразования ПХП спектрометра в процентах по формуле

$$ПХП = \frac{\Delta E_{\max}}{E_{\max}} \cdot 100, \tag{1}$$

где  $\Delta E_{\max}$  - максимальное значение из рассчитанных разностей

$$\Delta E_i = |E_{oi} - E_i|;$$

$E_{\max}$  – верхняя граница диапазона энергий, равная 1500 или 3000 кэВ, в зависимости от поверяемого энергетического диапазона;

Определение ПХП одновременно является проверкой диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения.

Результаты поверки считают положительными, если основная относительная погрешность характеристики преобразования спектрометра не превышает 1 %.

**6.7.3.2** Определение относительного энергетического разрешения проводят в следующей последовательности:

а) выполняют операции согласно 6.7.3.1 (а – в);

б) размещают и фиксируют вплотную к торцевой поверхности корпуса БД (корпуса контейнера с БДКГ-11 для МКС-АТ6101Д) источник гамма-излучения ОСГИ-3 с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  с потоком фотонов в телесный угол  $4\pi$  стерадиан от  $7 \cdot 10^3$  до  $2 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$  (активность от 8 до 24 кБк), при этом центр активной части источника должен совпадать с геометрическим центром торцевой поверхности корпуса БД (корпуса контейнера с БДКГ-11 для МКС-АТ6101Д) с погрешностью не более  $\pm 2,0$  мм;

в) иницируют набора спектра в диапазоне измеряемых энергий 20 – 1500 кэВ согласно разделу 3.

г) измеряют спектр от источника ОСГИ-3 до достижения числа импульсов по оси ординат в максимуме ППП не менее  $10^4$ .

д) определяют значение относительного энергетического разрешения  $R$  (%) согласно разделу 3.

Результаты поверки считают положительными, если относительное энергетическое разрешение спектрометра не превышает 9 % для спектрометров МКС-АТ6101 и 9,5 % для спектрометров МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101Д.

**6.7.3.3** Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  проводят в следующей последовательности:

а) выполняют операции согласно 6.7.3.1 (а - в);

б) задают время набора спектра 100 с согласно разделу 3;

в) измеряют фоновый спектр в диапазоне измеряемых энергий 20 – 1500 кэВ и сохраняют его в памяти спектрометра согласно разделу 3;

г) выполняют операции согласно 6.7.3.2 (б);

д) задают режим вычитания фонового спектра согласно разделу 3;

е) измеряют спектр в диапазоне измеряемых энергий 20 – 1500 кэВ от источника гамма-излучения ОСГИ-3 с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  с автоматическим вычитанием фонового спектра. По истечении заданного времени набора 100 с набор спектра будет остановлен;

ж) определяют положение центра ППП  $n$ , значение энергии излучения  $E$  (кэВ) и значение относительного энергетического разрешения  $R$  (%) согласно разделу 3 РЭ, при этом для более детального анализа формы ППП используют процедуру расширения спектра в режиме отображения с одним маркером, установленным примерно в центр ППП;

и) определяют левую  $E_{л}$  (кэВ) и правую  $E_{п}$  (кэВ) границы ППП по формулам:

$$E_{л} = E - 0,015 \cdot E \cdot R \quad (2)$$

$$E_{п} = E + 0,015 \cdot E \cdot R, \quad (3)$$

где  $E$ (кэВ) и  $R$ (%) – соответственно энергия ППП и относительное энергетическое разрешение, определенное выше согласно 6.7.3.3 (ж);

- к) устанавливают подвижные маркеры в позиции, примерно соответствующие значениям энергий  $E_{\text{л}}$  и  $E_{\text{п}}$ ;
- л) считывают с табло измеренную скорость счета импульсов  $N(\text{с}^{-1})$  в ППП за вычетом фона в выделенном энергетическом окне;
- м) определяют эффективность регистрации в ППП в процентах по формуле:

$$\varepsilon = \frac{N}{A_0 \cdot \eta \cdot e^{-\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}}} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $A_0$  – значение активности радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в гамма-источнике ОСГИ-3 на момент его поверки (берут из свидетельства о поверке источника), Бк;

$\eta = 0,852$  – среднее число фотонов, испускаемых при одном акте распада радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ ;

$t$  – время, прошедшее между поверкой гамма-источника ОСГИ-3 и моментом измерения, сут.;

$T_{1/2} = 11020$  сут. – период полураспада радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ ;

Результаты поверки считаются положительными, если эффективность регистрации в ППП с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  равна:

- $(3,29 \pm 0,65)$  % для спектрометров МКС-АТ6101;
- $(7,32 \pm 1,46)$  % для спектрометров МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В;
- $(5,34 \pm 1,06)$  % для спектрометров МКС-АТ6101Д.

**6.7.3.4** Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (мощности амбиентной дозы) гамма-излучения (далее по тексту – мощности дозы) для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников  $^{137}\text{Cs}$  в поверяемых точках  $\dot{H}_i$  согласно таблице 6.4.

Определяют основную относительную погрешность измерения мощности дозы гамма-излучения в следующей последовательности:

- а) подключают БДКГ-05 спектрометра МКС-АТ6101 (БДКГ-11 спектрометра МКС-АТ6101В) к БОИ;
- б) устанавливают БД на поверочную дозиметрическую установку в направлении градуировки, указанному в разделе 1 РЭ таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила центр торцевой поверхности корпуса БД;
- в) устанавливают БД в  $i$ -ую поверяемую точку, мощность дозы в которой на расстоянии в миллиметрах  $R_i$  равна  $\dot{H}_i$  по данным свидетельства о поверке дозиметрической установки.

**Примечание** - Расстояние в миллиметрах для  $i$ -ой поверяемой точки от центра источника  $^{137}\text{Cs}$  до торцевой поверхности корпуса БД должно быть равно  $R_i - 23$  мм для БДКГ-05 и  $R_i - 30$  мм для БДКГ-11;


Таблица 6.4

Номер поверяемой точки $i$	Мощность дозы поверяемой точке $\dot{H}_{oi}$	Измерение мощности дозы в поверяемой точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\Delta$ , %
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	0,03 мкЗв/ч <sup>1)</sup>	3	10	$\pm 20$
2	0,07 мкЗв/ч <sup>1)</sup>	3	10	$\pm 20$
3	0,70 мкЗв/ч	3	5	$\pm 20$
4	7,00 мкЗв/ч	3	5	$\pm 20$
5	70,00 мкЗв/ч	3	3	$\pm 20$
6	240,00 мкЗв/ч <sup>2)</sup>	3	3	$\pm 20$

Примечания

1 <sup>1)</sup> - измерения проводят только при первичной поверке.

2 <sup>2)</sup> - измерения проводят только для спектрометра МКС-АТ6101

- г) включают спектрометр и выдерживают его во включенном состоянии в течение времени установления рабочего режима (до исчезновения пиктограммы  на табло БОИ);
- д) проводят измерение мощности дозы фона в  $i$ -ой поверяемой точке со статистической погрешностью (индицируемой на табло БОИ) не более 5 % (не более 2 % в 1-ой поверяемой точке) согласно разделу 3 РЭ;
- е) переводят спектрометр согласно разделу 3 в режим автоматического вычитания мощности дозы фона, подвергают БД облучению с заданной мощностью дозы  $\dot{H}_{oi}$  и измеряют мощность дозы  $\dot{H}_i$  в  $i$ -ой поверяемой точке.  
Число измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны быть согласно таблице 7.2. Определяют среднее значение  $\bar{\dot{H}}_i$  и принимают его за результат измерения мощности дозы в  $i$ -ой поверяемой точке;
- ж) определяют в  $i$ -ой поверяемой точке значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения  $\Delta_i$ , %, с вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta_i = 1,1\sqrt{\theta_{oi}^2 + \theta_{npi}^2}, \quad (5)$$

где  $\theta_{oi}$  - основная относительная погрешность дозиметрической установки в  $i$ -ой поверяемой точке, %, приведенная в свидетельстве о поверке на установку;

$\theta_{npi}$  - относительная погрешность результата измерения мощности дозы в  $i$ -ой поверяемой точке, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{\text{пр}i} = \frac{\overline{\dot{H}}_i - \dot{H}_{oi}}{\dot{H}_{oi}} \cdot 100. \quad (6)$$

**Примечание** - В поверяемых точках 5, 6 значением фона можно пренебречь.

Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности результатов измерения мощности дозы гамма-излучения для всех поверяемых точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\Delta$ , указанных в таблице 6.4.

**6.7.3.5** Определение основной относительной погрешности измерения мощности дозы гамма-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В с устройством детектирования, встроенным в БОИ (УД БОИ), проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников  $^{137}\text{Cs}$  в поверяемых точках  $\dot{H}_{oi}$  согласно таблице 6.5.


**Таблица 6.5**

Номер поверяемой точки $i$	Мощность дозы в поверяемой точке $\dot{H}_{oi}$	Измерение мощности дозы в поверяемой точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\Delta$ , %
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	3,0 мкЗв/ч	3	10	$\pm 20$
2	7,0 мкЗв/ч	3	10	$\pm 20$
3	70,0 мкЗв/ч	3	5	$\pm 20$
4	0,7 мЗв/ч	3	3	$\pm 20$
5	7,0 мЗв/ч	3	3	$\pm 20$

Определяют основную относительную погрешность измерения мощности дозы гамма-излучения в следующей последовательности:

- устанавливают БОИ на дозиметрическую установку в направлении градуировки, указанному в разделе 1 таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила через метку, расположенную на боковой поверхности корпуса БОИ;
- устанавливают БОИ в  $i$ -ую поверяемую точку, мощность дозы в которой на расстоянии  $R_i$  равна  $\dot{H}_{oi}$  по данным свидетельства о поверке дозиметрической установки;

**Примечание** - Расстояние в миллиметрах для  $i$ -ой поверяемой точки от центра источника до метки на боковой поверхности корпуса БОИ должно быть равно  $R_i - 18$  мм;

- включают БОИ, выдерживают его во включенном состоянии в течение времени установления рабочего режима (до исчезновения пиктограммы 

- на табло БОИ) и проводят измерение мощности дозы фона в  $i$ -ой поверяемой точке со статистической погрешностью не более 50 % согласно разделу 3;
- г) переводят БОИ в режим измерения мощности дозы с автоматическим вычитанием фона согласно разделу 3, облучают БОИ гамма-излучением с заданной мощностью дозы  $\dot{H}_{oi}$  и измеряют мощность дозы  $\dot{H}_i$  в  $i$ -ой поверяемой точке. Число измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны быть согласно таблице 6.5. Определяют среднее значение  $\bar{\dot{H}}_i$  и принимают его за результат измерения мощности дозы в  $i$ -ой поверяемой точке.
- д) определяют в  $i$ -ой поверяемой точке значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения  $\Delta_i$  по методике 6.7.3.4 (ж).

**Примечание** – В поверяемых точках 3 – 5 значением фона можно пренебречь.


Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности результатов измерения мощности дозы гамма-излучения для всех поверяемых точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\Delta$ , указанных в таблице 6.5.

- 6.7.3.6** Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В с БДПА-01 проводят с использованием образцовых источников альфа-излучения  $^{239}\text{Pu}$  типов 4П9, 5П9 или 6П9 в поверяемых точках  $\varphi_{oi}$ , приведенных в таблице 6.6.

**Таблица 6.6**

Номер поверяемой точки, $i$	Плотность потока альфа-излучения $\varphi_{oi}$ , $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Измерение плотности потока в поверяемой точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\Delta$ , %
		количество измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	0,5 - 10	3	15	$\pm 20$
2	10 - $10^2$	3	10	$\pm 20$
3	$10^2$ - $10^3$	3	5	$\pm 20$
4	$10^3$ - $10^4$	3	5	$\pm 20$
5	$10^4$ - $10^5$	3	5	$\pm 20$

Проводят поверку в следующей последовательности:

- а) подключают БДПА-01 к БОИ;
- б) включают питание спектрометра и выдерживают его во включенном состоянии в течение времени установления рабочего режима (до исчезновения пиктограммы  на табло БОИ);
- в) устанавливают режим измерения плотности потока и измеряют фоновую плотность потока с надетой на БДПА-01 крышкой в течение не менее 1000 с согласно разделу 3;



- г) переводят спектрометр в режим с автоматическим вычитанием фона согласно разделу 3, при этом фон автоматически запоминается в спектрометре;
- д) снимают с БДПА-01 крышку- и устанавливают альфа-источник вплотную к входному окну БДПА-01;
- е) измеряют согласно разделу 3 плотность потока альфа-излучения  $\varphi_i$  с автоматическим вычитанием фона в  $i$ -ой поверяемой точке, снимая показания при статистической погрешности, указанной в таблице 6.6;
- ж) определяют значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения  $\Delta_i$ , %, с доверительной вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta_i = 1,1\sqrt{\theta_{oi}^2 + \theta_{npi}^2}, \quad (7)$$

где  $\theta_{oi}$  - относительная погрешность образцового  $i$ -го источника альфа-излучения, приведенная в свидетельстве о поверке на него, %;

$\theta_{npi}$  - относительная погрешность измерения плотности потока альфа-излучения в  $i$ -ой поверяемой точке, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{npi} = \frac{\varphi_i - \varphi_{oi}}{\varphi_{oi}} \cdot 100, \quad (8)$$

где  $\varphi_i$  - результат измерения плотности потока альфа-излучения с поверхности  $i$ -го образцового источника,  $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ;

$\varphi_{oi}$  - плотность потока альфа-излучения с поверхности  $i$ -го образцового источника,  $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ , вычисляемая по формуле

$$\varphi_{oi} = \frac{60 \cdot n_{oi}}{S_i}, \quad (9)$$

где  $n_{oi}$  - значение внешнего альфа-излучения в телесный угол  $2\pi$  на дату поверки по данным свидетельства о поверке  $i$ -го образцового источника альфа-излучения,  $\text{с}^{-1}$ ;

$S_i$  - площадь рабочей поверхности  $i$ -го образцового источника равная 40, 100 и 160  $\text{см}^2$  для источников типа 4П9, 5П9 и 6П9 соответственно.

Результаты поверки считают положительными, если во всех поверяемых точках значения доверительных границ основной относительной погрешности результата измерения плотности потока альфа-излучения не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\Delta$ , указанных в таблице 6.6.

#### 6.7.3.7 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В с БДПБ-01

проводят с использованием образцовых источников бета-излучения  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  типов 4С0, 5С0 или 6С0 в поверяемых точках  $\Phi_{oi}$ , приведенных в таблице 6.7.

Проводят поверку в следующей последовательности:


- а) подключают БДПБ-01 к БОИ;
- б) включают питание спектрометра и выдерживают его включенным в течение времени установления рабочего режима (до исчезновения пиктограммы  на табло БОИ);

Таблица 6.7

Номер поверяемой точки $i$	Плотность потока бета-излучения $\Phi_{oi}$ , $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Измерение плотности потока в поверяемой точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\Delta$ , %
		количество измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	3 - 10	3	15	$\pm 20$
2	10 - $10^2$	3	10	$\pm 20$
3	$10^2$ - $10^3$	3	5	$\pm 20$
4	$10^3$ - $10^4$	3	5	$\pm 20$
5	$10^4$ - $10^5$	3	5	$\pm 20$
6	$10^5$ - $5 \cdot 10^5$	3	5	$\pm 20$

- в) измеряют фоновую плотность потока с надетой на БДПБ-01 крышкой в течение не менее 1000 с согласно разделу 3 РЭ;
- г) переводят спектрометр в режим с автоматическим вычитанием фона согласно разделу 3;
- д) снимают крышку и устанавливают бета-источник вплотную к входному окну БДПБ-01;
- е) измеряют согласно разделу 3 плотность потока бета-излучения  $\Phi_i$  с автоматическим вычитанием фона в  $i$ -ой поверяемой точке, снимая показания при статистической погрешности, указанной в таблице 6.7;
- ж) определяют значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения  $\Delta_i$ , %, с доверительной вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta_i = 1,1 \sqrt{\theta_{oi}^2 + \theta_{npi}^2}, \quad (10)$$

где  $\theta_{oi}$  - относительная погрешность образцового  $i$ -го источника бета-излучения, приведенная в свидетельстве о поверке на него, %;

$\theta_{npi}$  - относительная погрешность измерения плотности потока бета-излучения в  $i$ -ой поверяемой точке, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{\text{при}} = \frac{\varphi_i - \varphi_{oi}}{\varphi_{oi}} \cdot 100, \quad (11)$$

где  $\varphi_i$  - результат измерения плотности потока бета-излучения с поверхности  $i$ -го образцового источника,  $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ;

$\varphi_{oi}$  - плотность потока бета-излучения с поверхности  $i$ -го образцового источника,  $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ , вычисляемая по формуле

$$\varphi_{oi} = \frac{60 \cdot n_{oi} \cdot e^{\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}}}{S_i}, \quad (12)$$

где  $n_{oi}$  - значение внешнего бета-излучения  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  в телесный угол  $2\pi$  на дату поверки по данным свидетельства о поверке  $i$ -го образцового источника бета-излучения,  $\text{с}^{-1}$ ;

$S_i$  - площадь рабочей поверхности  $i$ -го образцового источника равная 40, 100 и 160  $\text{см}^2$  для источников типа 4C0, 5C0 и 6C0 соответственно.

$t$  - время, прошедшее между датой поверки источника и датой измерения, сут.;

$T_{1/2} = 10636$  сут. - период полураспада радионуклида  $^{90}\text{Sr}$ ;

Результаты поверки считают положительными, если во всех поверяемых точках значения доверительных границ основной относительной погрешности результата измерения плотности потока бета-излучения не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\Delta$ , указанных в таблице 6.7.

## 6.8 Оформление результатов поверки

**6.8.1** Результаты поверки оформляют протоколом по установленной форме. Форма протокола поверки приведена в приложении Е.

**6.8.2** Положительные результаты поверки оформляют:

а) при выпуске спектрометра из производства:

- записью о поверке в разделе "Свидетельство о приемке" РЭ, заверенной подписью и оттиском поверительного клейма;
- нанесением клейма-наклейки на заднюю поверхность корпуса БОИ;

б) при эксплуатации и выпуске спектрометра после ремонта - нанесением клейма-наклейки и выдачей свидетельства о поверке по форме в соответствии с приложением В СТБ 8003-93.

**6.8.3** При отрицательных результатах поверки эксплуатация спектрометров запрещается и выдается извещение о непригодности с указанием причин по форме в соответствии с приложением Г СТБ 8003-93. При этом клеймо-наклейка поверителя подлежит погашению и свидетельство о поверке аннулируется.

## 7 Хранение

- 7.1 До введения в эксплуатацию спектрометр хранится на складе в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности до 80 % при температуре плюс 25 °С без конденсации влаги.
- 7.2 Спектрометр без упаковки хранится при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности не более 80 % при температуре плюс 25 °С.
- 7.3 Содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, в помещениях, где хранится спектрометр, не должно превышать содержания коррозионно-активных агентов для атмосферы типа I по ГОСТ 15150-69.
- 7.4 БА при хранении должен находиться в заряженном состоянии.

## 8 Транспортирование

- 8.1 Спектрометр в упакованном виде допускает транспортирование в закрытых транспортных средствах любого типа наземного транспорта и в отапливаемых и герметизированных отсеках самолета при температуре окружающего воздуха от минус 20 до плюс 50 °С и относительной влажности до (95±3) % при температуре 35 °С.
- 8.2 Упакованный спектрометр должен быть закреплен в транспортном средстве. Размещение и крепление в транспортном средстве упакованного спектрометра должно обеспечить его устойчивое положение, исключая возможность ударов о стенки транспортного средства.
- 8.3 Положение транспортной тары со спектрометром при транспортировании должно соответствовать предупредительным знакам и надписям на транспортной таре.

## 9 Утилизация

- 9.1 Утилизация спектрометра проводится в установленном порядке и не оказывает вредного влияния на окружающую среду.
- 9.2 В случае нарушения целостности герметичного контейнера детектора на основе кристаллов натрия йодистого, активированного таллием, детектор подлежит запаиванию в полиэтиленовый пакет и возврату на завод-изготовитель детекторов для утилизации и обезвреживания токсичного соединения.  
При контакте с разгерметизированным кристаллом необходимо тщательно вымыть руки.  
Запрещается поврежденный детектор выбрасывать на свалку, в воду, закапывать в землю.

## 10 Свидетельство о приемке

### 10.1 Спектрометр МКС-АТ6101Д \_\_\_\_\_ заводской номер

изготовлен и принят в соответствии с обязательными требованиями государственных стандартов, действующей технической документацией и признан годным для эксплуатации.

Дата изготовления \_\_\_\_\_  
год, месяц, число

\_\_\_\_\_ МП  
личные подписи (оттиски личных клейм) должностных лиц предприятия,  
ответственных за приемку спектрометра

Государственная первичная поверка проведена

Дата поверки \_\_\_\_\_  
год, месяц, число

Поверитель \_\_\_\_\_  
подпись, клеймо

## 11 Свидетельство об упаковывании

11.1 Спектрометр МКС-АТ6101Д \_\_\_\_\_ упакован  
заводской номер

научно-производственным унитарным предприятием “Атомтех”  
наименование или код предприятия, производившего упаковывание спектрометра  
согласно требованиям, предусмотренным в действующей технической  
документации.

\_\_\_\_\_  
должность

\_\_\_\_\_  
личная подпись

\_\_\_\_\_  
расшифровка подписи

\_\_\_\_\_  
год, месяц, число

## 12 Свидетельство о вводе в эксплуатацию

12.1 Спектрометр МКС-АТ6101Д \_\_\_\_\_  
заводской номер

введен в эксплуатацию \_\_\_\_\_.  
дата ввода в эксплуатацию

\_\_\_\_\_  
подпись и фамилия лица, ответственного за эксплуатацию спектрометра

МП

## 13 Гарантии изготовителя

- 13.1** Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие спектрометра основным параметрам и техническим данным и характеристикам, указанным в настоящем руководстве по эксплуатации, при соблюдении потребителем правил и условий эксплуатации, транспортирования и хранения.
- 13.2** Гарантийный срок эксплуатации – 18 мес с момента ввода спектрометра в эксплуатацию или по истечении гарантийного срока хранения.
- 13.3** Гарантийный срок хранения - 6 мес с момента изготовления спектрометра.
- 13.4** В случае отказа спектрометра в течение гарантийного срока эксплуатации владелец имеет право на бесплатный ремонт.

*Примечание - При нарушении пломб на спектрометре, а также механических и других повреждениях блоков и принадлежностей спектрометра по вине потребителя претензии по качеству не принимаются и гарантийный ремонт не проводится.*

- 13.5** Гарантийный срок эксплуатации продлевается на период от подачи рекламации до повторного ввода спектрометра в эксплуатацию силами предприятия – изготовителя.
- 13.6** Гарантийный и после гарантийный ремонт проводит предприятие– изготовитель.
- 13.7** Действие гарантийных обязательств прекращается по истечении гарантийного срока эксплуатации.
- 13.8** Предприятие–изготовитель обеспечивает сервисное обслуживание своих изделий на договорной основе.

## 14 Сведения о рекламациях

**14.1** В случае выявления неисправности спектрометра в период гарантийного срока эксплуатации потребителем должен быть составлен рекламационный акт о необходимости ремонта и отправки спектрометра предприятию-изготовителю по адресу

**Республика Беларусь,  
220005, г. Минск, ул. Гикало, 5,  
научно-производственное  
унитарное предприятие "Атомтех",  
тел (+375-17) 284-51-35,  
тел/факс (+375-17) 292-81-42,  
E-mail: info@ atomtex.com.**

**14.2** Рекламацию на спектрометр не предъявляют:

- по истечении гарантийных обязательств;
- при нарушении потребителем условий и правил эксплуатации, хранения, транспортирования, предусмотренных руководством по эксплуатации.

**14.3** О возникшей неисправности и всех работах по восстановлению спектрометра делают отметки в листе регистрации рекламаций.



**Лист регистрации рекламаций**

Номер и дата уведомления	Краткое содержание рекламации (номер и дата рекламационного акта)	Меры, принятые по устранению отказов, и результаты гарантийного ремонта	Дата ввода спектрометра в эксплуатацию (номер и дата акта удовлетворения рекламации)	Время, на которое продлен гарантийный срок	Должность, фамилия и подпись лица, производившего гарантийный ремонт

## Приложение А

### Пиктограммы

Графический интерфейс БОИ МКС-АТ6101А широко использует различные пиктограммы для уведомления пользователя о ситуациях и состояниях спектрометра. Появление или исчезновение некоторых из них может сопровождаться звуковыми сигналами.



Нет внешнего БД или разрыв связи с внешним БД. Пиктограмма появляется при отсутствии или нарушении связи с БД. Если связь появляется, то пиктограмма исчезает. В момент появления пиктограммы издается двойной, прерывистый сигнал;



Идет прогрев БД. Пиктограмма появляется, если блок детектирования нуждается в прогреве после включения питания перед началом работы или в момент коррекции усиления. Пиктограмма исчезает по истечении времени прогрева, при этом издается звуковой сигнал;



Пиктограмма появляется в момент инициализации или в момент выбора геометрии или в момент начала измерения активности или спектра, когда БОИ не обнаружил калибровок по энергии, разрешению или активности. Пиктограмма исчезнет, когда в БДКГ-11 будут присутствовать все необходимые калибровки;



Разряд БА. Пиктограмма появляется в момент определения разряда БА и исчезает, если БА заряжена или идет процесс зарядки. В момент появления однократно издается звуковой сигнал, а также, если спектрометр находился в режиме измерения спектра, набор спектра будет остановлен, а последний спектр сохранен под номером 0 (ноль). После нескольких минут спектрометр будет автоматически выключен. Во время разряда БА спектрометр заблокирует режимы «Измерение активности», «Выбор геометрии», «Спектрометрический режим» и «Стабилизация»;



Ошибка внутренних параметров. Это могут быть любые настраиваемые параметры БОИ, которые хранятся в энергонезависимой памяти. Пиктограмма появляется при инициализации и исчезает при следующем включении, т.к. испорченные данные будут установлены по умолчанию. В момент появления однократно издается звуковой сигнал. Если при следующем включении пиктограмма появляется снова, то это означает неисправность энергонезависимой памяти БОИ;



Пиктограмма появляется, когда произошел сбой питания часов. Исчезает, когда дата и время будут установлены заново. Если появление пиктограммы имеет систематический характер, то требуется замена литиевой батарейки питания часов;



Превышение порога по активности, устанавливаемого на момент калибровки БД. Пиктограмма появляется в момент измерения активности, которая, превышает установленный порог, при этом многократно издается звуковой сигнал. Пиктограмма исчезает, когда показания ниже порога или когда пользователь вышел из режима;



Нарушены условия эксплуатации по температуре. Пиктограмма появляется в момент обнаружения запредельных температур, при этом издается звуковой сигнал. Пиктограмма исчезает в момент, когда температура находится в пределах рабочего температурного диапазона;



Отключен звук в БОИ;



В протоколе появились важные записи, которые необходимо просмотреть. Это могут быть: запись о создании каталога спектров; важные ошибки в БД, информация о которых была обнаружена в регистре диагностики БД.



Информирует о том, что БД не имеет фонового спектра для текущей геометрии. Чтобы исправить ситуацию, нужно измерить фоновый спектр и сохранить его.

## Приложение Б

### События протокола




Важные события, происшедшие со спектрометром, БОИ записывает в протоколе. Протокол представляет собой журнал событий, в котором сохраняются дата и время наступления события, а также описание события с дополнительными параметрами. Протоколироваться будут события описанные ниже:


- Момент включения спектрометра, в записи указывается тип определенного внешнего БД;
- Момент выключения спектрометра;
- Момент наступления разряда БА;
- Разрушение внутренних параметров БОИ. Фиксируется код параметра;
- Разрушение калибровок по энергии, разрешению или активности;
- Момент создания нового каталога спектров. Это значит, что старый каталог был определен как испорченный или несуществующий;
- Момент наступления отказа БД. Отказ БД есть следствие невозможности обработать, выполнить и ответить на команду, посланную БОИ.
- Момент нарушения климатических условий эксплуатации.


## Приложение В


### Редактирование и ввод значений

Интерфейс спектрометра поддерживает ввод только цифровых значений. В режиме редактирования цифровые кнопки позволяют ввести цифры, соответственно стрелочные кнопки манипулируют курсором, удалением, постановкой запятой и выбором единицы измерения если необходимо.

**Внимание!** Так как кнопка  совмещена с цифровой «9», то функция кнопки  переходит к кнопке .

Кнопка  многофункциональная. Она выполняет функции движения курсора вправо, постановку запятой и изменения единицы измерения.

Установка запятой происходит нажатием кнопки  в момент, когда курсор уже стоит в самом конце строки и когда введено хотя бы одна цифра и еще не введена запятая.

Изменение единицы измерения происходит нажатием кнопки  в момент, когда курсор уже стоит в самом конце строки и когда не введено ничего или когда уже введена запятая.

При входе в режим редактирования прежнее значение выделено инверсией, что приведет к его мгновенному стиранию при вводе нового значения, выделение снимается простым передвижением курсора влево или вправо.

## Приложение Г

### Каталог спектров

Все записанные с помощью БОИ спектры хранятся в БД под некоторыми номерами. Чтобы определить какой из спектров в какое время был записан, и какие номера еще свободны, существует каталог спектров, который также хранится в БД.

Каталог спектров призван облегчить задачу записи и чтения спектров из БД. С помощью каталога БОИ определяет свободные номера и предлагает их пользователю в момент, когда тот делает запись спектра. А когда пользователь желает загрузить спектры, БОИ выводит каталог на экран, показывая первой страницу, где находится самый последний по времени сохраненный спектр. При этом в каталоге помимо номера записи спектра, хранится дата и время записи спектра, которые значительно облегчают поиск спектров, т.к. можно не запоминать номера сохранений, а ориентироваться по дате и времени сохранения.

## Приложение Д

### Основные технические данные и характеристики спектрометра при измерении удельной активности ЕРН

- 1 В спектрометре МКС-АТ6101Д предусмотрена возможность измерения удельной активности (УА) естественных радионуклидов  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{40}\text{K}$  и определения их суммарной (удельной эффективной) активности ( $A_{\text{эфф}}$ ) в строительных материалах, изделиях, сырье, отходах промышленного производства, горных породах и других объектах окружающей среды без специального отбора проб.
- 2 Для обработки энергетических распределений (спектров) гамма-излучения ЕРН энергетический диапазон спектрометра разбивается на три измерительных интервала с номерами  $i = 1, 2, 3$ . Интервал с номером  $i = 1$  соответствует энергии гамма-излучения 1461 кэВ радионуклида  $^{40}\text{K}$ . Интервал  $i = 2$  соответствует энергии гамма-излучения 1765 кэВ радионуклида  $^{214}\text{Bi}$  дочернего продукта распада  $^{226}\text{Ra}$ . Интервал  $i = 3$  соответствует энергии гамма-излучения 2614 кэВ радионуклида  $^{208}\text{Tl}$  дочернего продукта распада  $^{232}\text{Th}$ . Границы энергетических интервалов не перекрываются и задаются таким образом, чтобы пики полного поглощения, соответствующие указанным выше энергиям гамма-линий, полностью находились в пределах выбранных границ энергетических интервалов.
- 3 Расчетные формулы для определения удельных активностей  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  соответственно для радионуклидов  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  по трем энергетическим интервалам имеют следующий вид:

$$A_1 = (n_1 - n_{1\phi} - n_{02} \cdot K_{21} - n_{03} \cdot K_{31}) \cdot K_{11} = n_{01} \cdot K_{11}; \quad (\text{Д.1})$$

$$A_2 = (n_2 - n_{2\phi} - n_{03} \cdot K_{32}) \cdot K_{22} = n_{02} \cdot K_{22}; \quad (\text{Д.2})$$

$$A_3 = (n_3 - n_{3\phi}) \cdot K_{33} = n_{03} \cdot K_{33}, \quad (\text{Д.3})$$

где  $n_i$  – скорость счета импульсов счетного образца в  $i$ -ом энергетическом интервале,  $\text{с}^{-1}$ ;

$n_{i\phi}$  – фоновая скорость счета импульсов в  $i$ -ом энергетическом интервале, обусловленная собственным фоном спектрометра и космическим излучением,  $\text{с}^{-1}$ ;

$K_{ii}$  – градуировочный коэффициент спектрометра для  $i$ -го радионуклида в  $i$ -ом энергетическом интервале,  $\text{Бк} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}$ ;

$K_{ij}$  – градуировочный коэффициент спектрометра, учитывающий относительный вклад  $i$ -го радионуклида в  $j$ -ый энергетический интервал спектрометра (для  $i > j$ ).

Значения градуировочных коэффициентов спектрометра  $K_{ii}$  и  $K_{ij}$  определяются для требуемой геометрии измерений от образцовых мер-имитаторов удельной активности гамма-излучения естественных радионуклидов на этапе градуировки

спектрометра и хранятся в энергонезависимой памяти блока детектирования БДКГ-11.

- 4 Доверительные границы случайной (статистической) погрешности  $\varepsilon(A_i)$  результата измерения активности  $A_i$  при доверительной вероятности 0,95 вычисляются по следующим формулам:

$$\varepsilon(A_1) = \frac{200 \cdot \sqrt{D_{01}} \cdot K_{11}}{A_1}, \% \quad (\text{Д.4})$$

$$\varepsilon(A_2) = \frac{200 \cdot \sqrt{D_{02}} \cdot K_{22}}{A_2}, \% \quad (\text{Д.5})$$

$$\varepsilon(A_3) = \frac{200 \cdot \sqrt{D_{03}} \cdot K_{33}}{A_3}, \% \quad (\text{Д.6})$$

где  $D_{0i}$  - дисперсии скоростей счёта импульсов счетного образца в  $i$ -ом энергетическом интервале, вычисляемые по формулам:

$$D_{03} = \frac{n_3}{t_{\text{и}}} + \frac{n_{3\phi}}{t_{\phi}}, \quad (\text{Д.7})$$

$$D_{02} = \frac{n_2}{t_{\text{и}}} + \frac{n_{2\phi}}{t_{\phi}} + (K_{32})^2 \cdot D_{03}, \quad (\text{Д.8})$$

$$D_{01} = \frac{n_1}{t_{\text{и}}} + \frac{n_{1\phi}}{t_{\phi}} + (K_{21})^2 \cdot D_{02} + (K_{31})^2 \cdot D_{03}, \quad (\text{Д.9})$$

где  $t_{\text{и}}$  – время измерения удельной активности исследуемого счетного образца;  
 $t_{\phi}$  – время предварительно измеренного фонового спектра.

- 5 Результирующая погрешность измерения удельной активности  $A_i$  (неопределенность измерения) при доверительной вероятности 0,95 рассчитывается по формуле:

$$\Delta(A_i) = K_{0.95} [\theta(A_i) + \varepsilon(A_i)], \quad (\text{Д.10})$$

где  $\theta(A_i)$  - доверительная граница неисключенной систематической погрешности результата измерения  $A_i$  при доверительной вероятности 0,95, вычисляемая по формуле:

$$\theta(A_i) = 1,1 \cdot \sqrt{\sum \theta_i^2}, \quad (\text{Д.11})$$

где  $\theta_i$  - неисключенные систематические составляющие погрешности, обусловленные погрешностями градуировки и дополнительными погрешностями спектрометра.



Значения коэффициента  $K_{0,95}$  для доверительной вероятности 0,95 зависит от отношения  $\theta(A_i)/S(A_i)$ , где  $S(A_i)=\varepsilon(A_i)/2$  - среднее квадратическое отклонение результата однократного измерения  $A_i$ .

Если  $0,8 \leq [\theta(A_i)/S(A_i)] \leq 8,0$ , то коэффициент  $K_{0,95}$  изменяется в пределах от 0,76 до 0,81.

При  $[\theta(A_i)/S(A_i)] < 0,8$  неисключенными систематическими погрешностями пренебрегают и принимают в качестве результирующей погрешности  $\Delta(A_i)$  доверительную границу случайной (статистической) погрешности  $\varepsilon(A_i)$ .

Если  $[\theta(A_i)/S(A_i)] > 8,0$ , то случайной (статистической) погрешностью пренебрегают и принимают в качестве результирующей погрешности доверительную границу неисключенной систематической погрешности  $\theta(A_i)$ .

- 6 Удельная эффективная активность ЕРН ( $A_{эфф}$ ) вычисляется по формуле

$$A_{эфф} = 1,31 \cdot A_3 + A_2 + 0,085A_1 \quad (Д12)$$

- 7 Результирующая погрешность измерения удельной эффективной активности  $A_{эфф}$  (неопределенность измерения) оценивается по формуле

$$\Delta(A_{эфф}) = \sqrt{1,7 \cdot \Delta^2(A_3) + \Delta^2(A_2) + 0,007 \cdot \Delta^2(A_1)} \quad (Д13)$$

- 8 Алгоритм оценки результирующих погрешностей  $\Delta(A_i)$  и  $\Delta(A_{эфф})$  реализованы в программном обеспечении БОИ спектрометра. При этом в зависимости от выбранного режима индикации на ЖКИ спектрометра могут отображаться удельные и удельные эффективные активности ЕРН как с абсолютными результирующими погрешностями, так и с относительными результирующими погрешностями в процентах (см. 3.4.3).

- 9 Минимальная измеряемая удельная эффективная активность ЕРН в геометрии  $2\pi$  при продолжительности измерения 5 мин составляет 50 Бк/кг.

- 10 Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения удельной эффективной активности ЕРН не превышают  $\pm 20\%$ .

**Приложение Е**  
**Форма протокола поверки**  
 (рекомендуемое)

**спектрометра МКС-АТ6101      зав.№ \_\_\_\_\_**

**ДАТА ПОВЕРКИ \_\_\_\_\_**

**ПОВЕРКА ПРОВОДИЛАСЬ \_\_\_\_\_**  
 поверочный орган

**Условия поверки**

температура \_\_\_\_\_ °С;  
 относительная влажность \_\_\_\_\_ %;  
 атмосферное давление \_\_\_\_\_ мм рт.ст;  
 внешний фон гамма-излучения \_\_\_\_\_ мкЗв/ч;

**Средства поверки**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 Внешний осмотр :**

документация \_\_\_\_\_

комплектность \_\_\_\_\_

отсутствие механических повреждений \_\_\_\_\_

**2 Опробование:**

работоспособность \_\_\_\_\_

### 3 Метрологические характеристики

3.1 Определение основной относительной погрешности характеристики преобразования и диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения.

**Таблица Е1**

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения 20-1500 кэВ для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В								
Радионуклид	<sup>137</sup> Cs		<sup>241</sup> Am	<sup>57</sup> Co	<sup>139</sup> Ce	<sup>113</sup> Sn	<sup>54</sup> Mn	<sup>22</sup> Na
Энергия излучения $E_{oi}$ , кэВ	32	662	59,5	122	166	392	835	1275
Измеренное значение энергии $E_i$ , кэВ								
$\Delta E_i =  E_{oi} - E_i $ , кэВ								
$\Delta E_{max} =$ кэВ			ПХП (при поверке) =			%	ПХП (по ТУ) $\leq 1$ %	

**Таблица Е2**

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения 40-3000 кэВ для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В, МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101Д									
Радионуклид	<sup>137</sup> Cs	<sup>241</sup> Am	<sup>57</sup> Co	<sup>139</sup> Ce	<sup>113</sup> Sn	<sup>54</sup> Mn	<sup>22</sup> Na	<sup>88</sup> Y	<sup>228</sup> Th
Энергия излучения $E_{oi}$ , кэВ	662	59,5	122	166	392	835	1275	1836	2614
Измеренное значение энергии $E_i$ , кэВ									
$\Delta E_i =  E_{oi} - E_i $ , кэВ									
$\Delta E_{max} =$ кэВ			ПХП (при поверке) =			%	ПХП (по ТУ) $\leq 1$ %		

## 3.2 Определение относительного энергетического разрешения

Таблица Е3

Тип источника гамма-излучения	Измеренное число импульсов в максимуме ППП	Измеренное значение относительного разрешения R, %	Значение относительного разрешения (по ТУ) R, %
ОСГИ-3, $^{137}\text{Cs}$ , активность от 8 до 24 кБк	Не менее $10^4$		$R < 9,0$ (МКС-АТ6101)
			$R < 9,5$
			(МКС-АТ6101А)
			(МКС-АТ6101В)
			(МКС-АТ6101Д)

3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ .

Таблица Е4

Тип источника гамма-излучения	Положение центра ППП n, канал	Измеренное значение энергии E, кэВ	Границы ППП $E_{л}$ , $E_{п}$ , кэВ	Скорость счета импульсов в ППП N, $\text{с}^{-1}$	Эффективность регистрации в ППП $\epsilon$ , %	$\epsilon$ , % (по ТУ)
ОСГИ-3 $A_0 =$ Бк			$E_{л} =$ $E_{п} =$			$3,29 \pm 0,65$ (МКС-АТ6101)
						$7,32 \pm 1,46$ (МКС-АТ6101А, МКС-АТ6101В)
						$5,34 \pm 1,06$ (МКС-АТ6101Д)

3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента доза (мощности амбиентной дозы) гамма-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В

**Таблица Е5**

Мощность дозы в поверяемой точке $\dot{H}_{oi}$	Измеренные значения мощности дозы $H_i$ , мкЗв/ч	Среднее значение $\bar{H}_i$ , мкЗв/ч	Относительная погрешность $\Theta_{при}$ , %	Основная относительная погрешность при поверке $\Delta_i$ , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ $\Delta$ , %
с блоками детектирования БДКГ-05, БДКГ-11					
0,03 мкЗв/ч <sup>1)</sup>					±20
0,07 мкЗв/ч <sup>1)</sup>					
0,7 мкЗв/ч					
7,0 мкЗв/ч					
70,0 мкЗв/ч					
240 мкЗв/ч <sup>2)</sup>					
Примечание :					
1 <sup>1)</sup> – измерения проводят только при первичной поверке.					
2 <sup>2)</sup> – измерение проводят только для спектрометра МКС-АТ6101					
с УД БОИ					
3,0 мкЗв/ч					±20
7,0 мкЗв/ч					
70,0 мкЗв/ч					
0,7 мЗв/ч					
7,0 мЗв/ч					

3.5 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В

**Таблица Е6**

Плотность потока альфа-излучения в поверяемой точке $\varphi_{oi}$ , мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>	Измеренные значения плотности потока $\varphi_i$ , мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>	Среднее значение $\bar{\varphi}_i$ , мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>	Относительная погрешность $\Theta_{при}$ , %	Основная относительная погрешность при поверке $\Delta_i$ , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ $\Delta$ , %
0,5-10					±20
10-10 <sup>2</sup>					
10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>					
10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>					
10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>					

## 3.6 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения для спектрометров МКС-АТ6101, МКС-АТ6101В

Таблица Е7

Плотность потока бета-излучения в поверяемой точке $\varphi_{0i}$ , $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Измеренные значения плотности потока $\varphi_i$ , $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Среднее значение $\bar{\varphi}_i$ , $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Относительная погрешность $\Theta_{\text{пр}i}$ , %	Основная относительная погрешность при поверке $\Delta_i$ , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ $\Delta$ , %
3-10					±20
10-10 <sup>2</sup>					
10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>					
10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>					
10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>					
10 <sup>5</sup> -5·10 <sup>5</sup>					

Выводы \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Свидетельство № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_  
 (извещение о непригодности)

Поверку провел \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )