

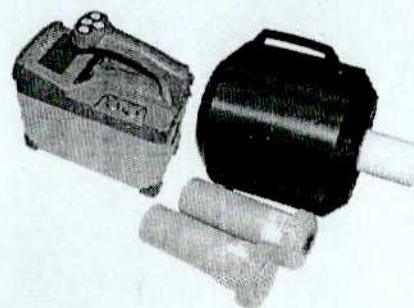


Научно - производственное унитарное предприятие

*з.р. 44235-15*

**СПЕКТРОМЕТР  
МКС-АТ6102**

Руководство по эксплуатации



## Содержание

1	Списание и работа .....	6
1.1	Назначение .....	6
1.2	Технические характеристики .....	7
1.3	Состав спектрометра .....	13
1.4	Устройство и работа спектрометра .....	14
1.4.1	Принцип действия спектрометра .....	14
1.4.2	Конструкция спектрометра .....	15
1.5	Маркировка и пломбирование .....	19
1.6	Упаковка .....	20
2	Подготовка спектрометра к использованию .....	21
2.1	Общие указания .....	21
2.2	Включение и выключение спектрометра .....	21
2.3	Заряд блока аккумуляторов .....	22
3	Использование по назначению .....	23
3.1	Меры безопасности .....	23
3.2	Самоконтроль .....	23
3.3	Сведения об интерфейсе пользователя .....	23
3.4	Режимы работы спектрометра .....	24
3.4.1	Общие сведения о режимах .....	25
3.4.2	Режим «Стандартизация» .....	25
3.5	Режим «ПОИСК» .....	26
3.5.1	Калибровка по фону .....	27
3.5.2	Обнаружение и локализация источников гамма-излучения .....	27
3.5.3	Обнаружение и локализация источников нейтронного излучения .....	28
3.5.4	Оценка радиационной обстановки .....	28
3.5.5	Меню режима «ПОИСК» .....	28
3.5.6	Идентификация гамма-излучающих радионуклидов .....	29
3.5.7	Библиотека радионуклидов .....	30
3.5.8	Работа с внешними блоками .....	31
3.5.8.1	Общие сведения .....	31
3.5.8.2	Измерение плотности потока бета-частиц с загрязненной поверхности .....	31
3.5.8.3	Измерение плотности потока альфа-частиц с загрязненной поверхности .....	33
3.5.8.4	Измерение мощности дозы нейтронного излучения .....	34
3.6	Работа в режиме «РИД» .....	35
3.6.1	Общие сведения .....	35
3.6.2	Вход в режим «РИД» .....	36
3.6.3	Подрежим «СПЕКТР» .....	37
3.6.4	Меню подрежима «СПЕКТР» .....	39
3.6.4.1	Сохранение спектра .....	40
3.6.4.2	Открытие спектра .....	40
3.7	Подрежим «ЧЕТ» .....	40
3.8	Подрежим «Н ЧЕТ» .....	41
3.9	Режим «ИЗМЕР» .....	42

3.9.1	Меню режима «ИЗМЕР»	43
3.9.2	Режим «GPS»	44
3.9.3	Меню «GPS»	44
3.9.3.1	Варианты включения GPS-приемника	45
3.9.3.2	Варианты старта GPS-приемника	45
3.9.3.3	Экстренный режим GPS-приемника	46
3.10	Режим «СВЯЗЬ»	46
3.10.1	Меню «Связь»	46
3.10.2	Режим «ОПЦИИ»	46
3.10.2.1	Версия	47
3.10.2.2	Память	47
3.10.2.3	Параметры	48
3.10.2.4	Библиотека	48
3.10.3	Журнал	49
3.10.4	Режим «ВВОД»	49
3.10.5	Режим «ИНОУ»	50
4	Особенности эксплуатации	51
5	Техническое обслуживание	52
6	Поверка	53
6.1	Вводная часть	53
6.2	Операции поверки	53
6.3	Средства поверки	54
6.4	Требования к квалификации поверителей	56
6.5	Требования безопасности	56
6.6	Условия поверки и подготовка к ней	57
6.7	Проведение поверки	57
6.7.1	Внешний осмотр	57
6.7.2	Опробование	57
6.7.3	Определение метрологических характеристик спектрометров	58
6.8	Оформление результатов поверки	70
7	Хранение	71
8	Транспортирование	71
9	Утилизация	71
10	Свидетельство о приеме	72
11	Свидетельство об утверждении	73
12	Свидетельство о вводе в эксплуатацию	73
13	Гарантия изготовителя	74
14	Сведения о рекламациях	74
	Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки	76
	Приложение Б (справочное) Типовая зависимость верхней границы диапазона измерений мощности дозы для детектора NaI(Tl) от энергии гамма-излучения	81
	Приложение В (справочное) Инструкция по замене погрешенных пленок	82

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения принципа работы, устройства и конструкции спектрометра МКС-АТ6102, содержит основные технические данные и характеристики, а также другие сведения, необходимые для обеспечения правильной эксплуатации спектрометра и полного использования его возможностей.

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 приняты следующие обозначения и сокращения

БА	блок аккумуляторов;
БД	блок детектирования;
БОИ	блок обработки информации;
УД БОИ	устройство детектирования, встроенное в БОИ;
МД	мощность дозы;
СС	скорость счета;
ПП	плотность потока;
ПК	персональный компьютер;
ПО	программное обеспечение
ПЗУ	постоянное запоминающее устройство;
ФЭУ	фотоэлектронный умножитель.

## 1 Описание и работа

### 1.1 Назначение

1.1.1 Спектрометр МКС-АТ6102 (далее – спектрометр) представляет собой многофункциональный носимый прибор, предназначенный для:

- поиска (обнаружения и локализации) источников гамма-излучения и участков, загрязненных радиоактивными веществами;
- измерения энергетического распределения гамма-излучения и автоматической идентификации гамма-излучающих радионуклидов;
- оперативного контроля радиационной обстановки в зоне поиска путем измерения и отображения на экране спектрометра значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения  $\dot{H}^*(10)$  (далее – мощность дозы гамма-излучения);
- сигнализации (звуковой, световой, вибрационной) о превышении заданных пользователем пороговых уровней для измеряемых величин.

1.1.2 Спектрометр содержит встроенные детекторы ионизирующих излучений

- высокочувствительный сцинтилляционный детектор на основе кристалла NaI(Tl) диаметром и высотой 40 мм, используемый для регистрации гамма-излучения, поиска гамма-источников и радиоактивных загрязнений, измерения энергетического распределения гамма-излучения и идентификации радионуклидов, измерения мощности дозы гамма-излучения;
- счетчик Гейгера-Мюллера, используемый для регистрации гамма-излучения и расширения диапазона измерения мощности дозы гамма-излучения до 100 мЗв/ч.
- два пропорциональных счетчика медленных нейтронов, размещенных в полиэтиленовом замедлителе и используемых для регистрации нейтронного излучения и обнаружения источников нейтронов, оценки скорости счета нейтронов.

1.1.3 В спектрометре предусмотрена возможность подключения внешних блоков детектирования поставляемых по заказу потребителя и предназначенных:

- БДПА-01 для измерения плотности потока альфа-частиц с загрязненных поверхностей;
- БДПБ-01 для измерения плотности потока бета-частиц с загрязненных поверхностей;
- БДКН-03 для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения  $\dot{H}^*(10)$  (далее – мощность дозы нейтронного излучения).

1.1.4 Спектрометр может использоваться как в лабораторных так и в полевых условиях для проведения радиационного мониторинга окружающей среды, территорий и объектов, контроля при сборе, утилизации и перемещении радиоактивных отходов, при таможенном и пограничном контроле для предотвращения несанкционированного перемещения радиоактивных источников и веществ, а также для использования специалистами различных отраслей промышленности, сельского хозяйства, транспорта, медицины, науки и т.д., где применяются ядерно-технические установки и источники ионизирующих излучений.

1.1.5 Рабочие условия эксплуатации спектрометра:

- температура окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 50 °С;
- относительная влажность воздуха при температуре + 35 °С и более низких температурах без конденсации влаги 95 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;

- 1.1.6 Нормальные условия эксплуатации спектрометра:
- Температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
  - относительная влажность воздуха 60 (+20; -30) %;
  - атмосферное давление 101,3 (+5,4; -15,3) кПа
- 1.1.7 Степень защиты спектрометра от проникновения воды, пыли и посторонних твердых частиц по ГОСТ 14254-96 (IEC 529:89) соответствует:
- для спектрометра - IP65;
  - блок детектирования БДДА-01, БДПБ-01 и БДКН-03 - IP54.
- 1.1.8 Спектрометр не предназначен для эксплуатации во взрывоопасных зонах.

## 1.2 Технические характеристики

- 1.2.1 Спектрометр измеряет энергетическое распределение гамма-излучения в диапазоне энергий от 20 до 3000 кэВ.
- 1.2.2 Измерение энергетического распределения гамма-излучения осуществляется в каналах с номерами от 0 до 1023.
- 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". Характеристика преобразования отображается на экране спектрометра.
- 1.2.5 Спектрометр измеряет энергетическое распределение гамма-излучения с пределами допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования ± 1 %.
- 1.2.6 Относительно энергетическое разрешение спектрометра для энергии гамма-излучения радионуклида <sup>137</sup>Cs с энергией 662 кэВ не более 8,0 %.
- 1.2.7 Эффективность регистрации спектрометра в граве полного поглощения для энергии гамма-излучения 662 кэВ радионуклида <sup>137</sup>Cs точечного источника типа ОСГН-3, расположенного напротив эффективного центра детектора NaI(Tl) и вплотную к поверхности корпуса спектрометра, составляет (2,10 ± 0,42) %.
- 1.2.8 Максимальная входная статистическая нагрузка спектрометра при измерении энергетического распределения гамма-излучения не менее 1,5 · 10<sup>5</sup> с<sup>-1</sup>.
- 1.2.9 Спектрометр измеряет мощность дозы гамма-излучения в диапазоне и с пределами допускаемой основной относительной погрешности в соответствии с таблицей 1

Таблица 1

Тип детектора гамма-излучения	Диапазон измерения мощности дозы гамма-излучения	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %
NaI(Tl)	0,01мкЗв/ч – 300мкЗв/ч	± 20
Счетчик Гейгера- Мюллера	10 мкЗв/ч – 100 мЗв/ч	± 20

- 1.2.10 Энергетическая зависимость спектрометра при измерении мощности дозы гамма-излучения соответствует данным таблицы 2

Таблица 2

Тип детектора	Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения, кэВ	Энергетическая зависимость, %, в пределах
NaI(Tl)	50 – 3000	± 20
Четчик Гейгера-Мюллера	60 – 3000	± 25

1.2.11 Спектрометр с БДП-01 измеряет плотность потока альфа-частиц радонуклида  $^{220}\text{Rn}$  в диапазоне от  $0,5$  до  $10^5 \text{ см}^{-2}\cdot\text{мин}^{-1}$  с погрешностью  $\pm 20\%$  основной относительной погрешности  $\pm 20\%$ .

1.2.12 Спектрометр с БДПБ-01 измеряет плотность потока бета-частиц в диапазоне от  $3$  до  $5\cdot 10^5 \text{ см}^{-2}\cdot\text{мин}^{-1}$  с погрешностями допусканием основной относительной погрешности  $\pm 20\%$ .

1.2.13 Чувствительность спектрометра с БДПБ-01 к бета-излучению радонуклидов с максимальной энергией спектра бета-частиц в диапазоне от  $155$  до  $3540 \text{ кэВ}$  по отношению к чувствительности к бета-излучению радонуклида  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (относительная чувствительность) соответствует данным таблицы 3.

Таблица 3

Радонуклид	Максимальная энергия спектра бета-частиц, кэВ	Относительная чувствительность
$^{14}\text{C}$	156	$0,40 \pm 0,20$
$^{147}\text{Pm}$	225	$0,65 \pm 0,20$
$^{60}\text{Co}$	318	$0,90 \pm 0,27$
$^{234}\text{Th}$	763	$1,25 \pm 0,37$
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	546 ( $^{90}\text{Sr}$ ) 2274 ( $^{90}\text{Y}$ )	1,00
$^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$	39,4 ( $^{106}\text{Ru}$ ) 3540 ( $^{106}\text{Rh}$ )	$1,20 \pm 0,36$

1.2.14 Спектрометр регистрирует нейтронное излучение и индицирует на экране скорость счета импульсов, обусловленных регистрируемым нейтроном излучением.

1.2.15 Уровень собственного фона спектрометра с детектором нейтронного излучения находится в пределах от  $0,010$  до  $0,050 \text{ с}^{-1}$ .

1.2.16 Чувствительность спектрометра к прямому нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника не менее  $0,28 \text{ имп. см}^{-2}\cdot\text{нейтр.}$

1.2.17 Чувствительность спектрометра к прямому нейтронному излучению источника Cf-252 не менее  $0,5 \text{ имп. см}^{-2}\cdot\text{нейтр.}$

1.2.18 Статическая чувствительность спектрометра в реальных условиях эксплуатации к нейтронному излучению источника  $^{252}\text{Cf}$ , находящегося на расстоянии  $0,2 \text{ м}$  от нижней поверхности корпуса спектрометра не менее  $0,45 \text{ имп. см}^{-2}\cdot\text{нейтр.}$

1.2.19 Спектрометр с БДКН-03 измеряет мощность дозы нейтронного излучения в диапазоне от  $0,1 \text{ мЗв/ч}$  до  $10 \text{ мЗв/ч}$  с погрешностями допусканием основной относительной погрешности измерения  $\pm 20\%$ .

1.2.20 Диапазон энергий нейтронного излучения, регистрируемого спектрометром с БДКН-03, находится в пределах от  $0,025 \text{ эВ}$  до  $14 \text{ МэВ}$ .

Значения относительных коэффициентов чувствительности для типовых источников нейтронного излучения соответствуют таблице 4.

Таблица 4

Источник нейтронов с энергией Ен	Относительный коэффициент чувствительности при измерении мощности дозы нейтронного излучения
Тепловые, Ен = 0,025 эВ	0,225±0,045
Ра-γ-Ве, Ен = 100 кэВ	0,810±0,080
Cf-252, Е = 2,13 МэВ	1,02±0,10
Pu-α-Ве, Ен = 4,16 МэВ	1,0

1.2.21 Анизотропия (зависимость чувствительности спектрометров с БДКН-03 от угла падения нейтронного излучения) не превышает значений, приведенных в таблице 5

Таблица 5

Угол падения нейтронного излучения, градус	Тип источника			
	Зависимость чувствительности от угла падения излучения, %	Для энергии 4,16 МэВ (Pu-α-Ве источника быстрых нейтронов)	Для энергии 2,13 МэВ ( <sup>252</sup> Cf)	Для тепловых нейтронов
+15	-5	-5	-	-
+30	-10	-15	-	-
+45	-15	-20	-	-
+60	-20	-25	-	-
+75	-15	-20	-	-
+90	-15	-15	-	-
-15	-5	-5	-	-
-30	-10	-10	-	-
-45	-10	-10	-	-
-60	-10	-10	-	-
-75	-10	-10	-	-
-90	-15	-15	-	-

1.2.22 Показания спектрометра с БДКН-03 от фонового нейтронного излучения ( $<0,015$  нейтр/(с·см<sup>2</sup>)) находятся в пределах от 3 до 30 нЗвч.

1.2.23 Время измерения мощности дозы нейтронного излучения 1 мкЗвч со статистической погрешностью не превышающей  $\pm 20$  % спектрометрами с БДКН-03 не более 280 с.

1.2.24 Время установления рабочего режима спектрометра не превышает 1 мин.

1.2.25 Время непрерывной работы спектрометра при автономном питании от блока аккумуляторов встроенного в корпус спектрометра, в нормальных условиях



эксплуатации с выключенной подсветкой экрана не менее 18 ч, а при работе с БДПА-01, БДПБ-01 и БДКН-03 – не менее 15 ч.

1.2.26. Нестабильность градуировочной характеристики преобразования спектрометра за время непрерывной работы не превышает  $\pm 1\%$ .

1.2.27. Нестабильность показаний спектрометра при измерении мощности дозы гамма- и нейтронного излучения, плотности потока альфа- и бета-частиц и скорости счета нейтронного излучения за время непрерывной работы не превышает  $\pm 5\%$ .

1.2.28. Спектрометр имеет возможность устанавливать для измеряемых величин пороговые уровни, при превышении которых срабатывает сигнализация. Значения установленных пороговых уровней отображаются на экране спектрометра и сохраняются при отключении питания спектрометра.

1.2.29. Спектрометр имеет индикаторный режим поиска, обеспечивающий срабатывание звуковой, световой и вибрационной сигнализации при обнаружении источника гамма-излучения  $^{137}\text{Cs}$  активностью  $(50 \pm 10)$  кБк, расположенного на расстоянии 20 см от передней поверхности корпуса спектрометра, при этом время обнаружения не превышает 2 с.

1.2.30. Спектрометр имеет индикаторный режим идентификации радионуклидов, обеспечивающий отображение на экране спектрометра типа идентифицированного гамма-излучающего радионуклида.

1.2.31. Спектрометр имеет индикаторный режим поиска, обеспечивающий срабатывание сигнализации при обнаружении источников нейтронного излучения. Частота ложных срабатываний при скорости счета фона не выше  $0,050 \text{ с}^{-1}$  не более 1 за 1 час при доверительной вероятности 0,95.

1.2.32. Спектрометр в режиме поиска обнаруживает за время не более 5 с с вероятностью 0,9 при доверительной вероятности 0,95 плутоний-бериллиевый источник нейтронного излучения в соответствии с данными таблицы 6

Таблица 6

Поток нейтронов из источника в телесный угол $4 \pi$ ср. нейтр. $\cdot \text{с}^{-1}$	Расстояние от источника до нижней поверхности корпуса спектрометра, см
$(5,00 \pm 1,25) \cdot 10^4$	$22,0 \pm 0,2$

1.2.33. Спектрометр в режиме поиска обнаруживает с вероятностью 0,9 при доверительной вероятности 0,95 нейтронный источник  $^{252}\text{Cf}$  с выходом нейтронов не более  $1,8 \cdot 10^4$  нейтр.  $\cdot \text{с}^{-1}$  на расстоянии 0,2 м за время не более 5 с.

1.2.34. Спектрометр в течение 1 мин при измерении мощности дозы гамма-излучения выдерживает 2-кратное превышение верхнего предела диапазона измерений, а при измерении плотности потока альфа- и бета-частиц – 10-кратное превышение верхнего предела диапазона измерений. Время полного восстановления работоспособности спектрометра после перегрузки не превышает 10 мин.

1.2.35. Нейтронный канал спектрометра выдерживает в течение 1 мин воздействие нейтронного излучения с мощностью дозы до  $100 \text{ мЗв/ч}$ .

1.2.36. Время полного восстановления работоспособности нейтронного канала спектрометра не превышает 10 мин.

1.2.37. Спектрометр обеспечивает проведение самоконтроля основных узлов при включении и постоянную проверку работоспособности в процессе работы.

1.2.38. Спектрометр устойчив к воздействию:

а) температуры окружающего воздуха от минус 20 до плюс 50 °С;

б) относительной влажности воздуха до 95 % при температуре + 35 °С 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 м/с<sup>2</sup> (5 g)
  - длительность действия ударного импульса 16 мс.
- 1.2.39 Спектрометр сохраняет работоспособность в постоянном и переменном сетевой частоты магнитном поле напряженностью до 400 А/м.
- 1.2.40 Пределы допустимой дополнительной относительной погрешности характеристики преобразованной спектрометра
- ± 2 % при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур относительно нормальных условий;
  - ± 2 % при изменении напряженности постоянного и переменного сетевого частоты магнитного поля до 400 А/м относительно нормальных условий.
- 1.2.41 Пределы допустимой дополнительной относительной погрешности измерения мощности дозы гамма- и нейтронного излучения плотности потока альфа- и бета-излучения:
- ± 10 % при изменении температуры охлаждающего воздуха в рабочем диапазоне температур относительно нормальных условий;
  - ± 10 % при изменении относительной влажности до 95 % относительно нормальных условий;
  - ± 10 % при изменении напряженности постоянного и переменного сетевого частоты магнитного поля до 400 А/м относительно нормальных условий;
  - ± 5 % при воздействии синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 10 до 55 Гц (до и после воздействия синусоидальной вибрации для мощности амбиентной дозы и скорости счета нейтронного излучения);
  - ± 5 % при воздействии одиночных ударов с пиковым ускорением 50 м/с<sup>2</sup> (до и после воздействия одиночных механических ударов для мощности амбиентной дозы и скорости счета нейтронного излучения).
- 1.2.42 Пределы допустимой дополнительной относительной погрешности измерения мощности дозы нейтронного излучения спектрометра с БДКН-03 не более ±25 % от нижнего предела диапазона измерения при воздействии соответствующего гамма-излучения с мощностью дозы до 10 мЗв/ч.
- 1.2.43 Спектрометр в транспортный тара 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 м/с<sup>2</sup> (10 g), длительностью ударного импульса 16 мс, числом ударов 1000 ± 10 для каждого из трех взаимно перпендикулярных направлений.
- 1.2.44 Габаритные размеры, мм, не более:
- спектрометра - 230 × 115 × 212;
  - сетевого адаптера - 85 × 45 × 75;
  - БДКН-03 - 314 × 220 × 253;
  - БДПА-01 - Ø 87 × 205;
  - БДПС-01 - Ø 87 × 205.
- 1.2.45 Конструкция и материалы локаторий корпуса спектрометра обеспечивают возможность проведения дезактивации.

1.2.46 Масса, кг, не более:

- спектрометра – 2,5;
- сетевого адаптера – 0,1;
- БДКН-03 – 8,0;
- БДПА-01 – 0,55;
- БДПБ-01 – 0,65.

1.2.47 Уровень радиопомех, создаваемых спектрометром, не превышает норм, установленных СТБ EN 55011-2012 (EN 55011:2009) для технических средств класса "В" (группа 1).

1.2.48 Спектрометр по устойчивости к электростатическим разрядам соответствует требованиям, установленным СТБ IEC 61000-4-2-2011 (IEC 61000-4-2:2008) для испытательного уровня "2" по критерию качества функционирования "А".

1.2.49 Спектрометр по устойчивости к радиочастотному электромагнитному полю соответствует требованиям СТБ IEC 61000-4-3-2009 (IEC 61000-4-3:2008) для испытательного уровня "2" по критерию качества функционирования "А".

1.2.50 Требования надежности:

- средняя наработка на отказ не менее 8000 ч;
- средний ресурс не менее 10000 ч;
- средний срок службы не менее 10 лет;
- среднее время восстановления работоспособности спектрометра не более 3 ч.

**Примечание** – Требования надежности не распространяются на аккумуляторы, используемые в спектрометре.

1.2.51 Испытания, хранение, транспортирование, эксплуатация и утилизация спектрометра не оказывает вредного воздействия на окружающую среду.

1.2.52 Электропитание спектрометра осуществляется от встроенного в корпус спектрометра перезаряжаемого блока аккумуляторов.

1.2.53 Заряд блока аккумуляторов осуществляется от двух видов источников питания:

- а) сети переменного тока напряжением 230 (+ 23; - 35) В, частотой (50 ± 1) Гц через сетевой адаптер, входящий в комплект принадлежностей спектрометра;
- б) внешнего источника постоянного тока напряжением 12 (+ 2,0; - 1,5) В и выходным током не менее 1 А.

1.2.54 Спектрометр обеспечивает автоматический контроль разряда блока аккумуляторов.

1.2.55 Содержание драгоценных металлов в комплектующих изделиях спектрометра соответствует данным таблицы 7.

Таблица 7

Наименование изделия, блока	Содержание драгоценных металлов, г	
	Золото	Серебро
Спектрометр МКС-АТ6102	0,013	0,005
Блок детектирования БДКН-03	0,005	0,008
Блок детектирования БДПА-01	0,011	0,035
Блок детектирования БДПБ-01	0,011	0,035

1.3 Состав спектрометра

1.3.1 Состав комплекта поставки спектрометра указан в таблице 8.

Таблица 8

Наименование, тип	Заводской номер	Кол-во	Примечание
Спектрометр МКС-АТ6102	61329	1	
Комплект принадлежностей			
Контрольная проба			
Адаптер сетевой PSAC12R-120 с набором вилок		1	Для зарядки ВА от сети
Руководство по эксплуатации		1	
Кабель		1	Для зарядки ВА от сети автомобиля
Блок детектирования БДПА-01 в комплекте: запасы защитных пленок для БДПА-01, ножка самоклеящаяся запасная, Ø6,5, Н=2 мм			Поставляется по заказу
Блок детектирования БДПБ-01 в комплекте: запасы защитных пленок для БДПБ-01, ножка самоклеящаяся запасная, Ø6,5, Н=2 мм			Поставляется по заказу
Блок детектирования БДПН-03			Поставляется по заказу
Кабель БИ02 USB		1	Для подключения спектрометра к ПК
Кабель БД			Поставляется по заказу. Для работы с БДПА-01, БДПБ-01 и БДПН-03
Комплект штатива телескопической 3,2 м. - держатель БД на штативе			Поставляется по заказу
Комплект штатива телескопической 1,7 м. - штатива телескопической 1,7 м. - держатель БД на штативе			Поставляется по заказу
Упаковка		1	Сумка для хранения и переноски спектрометра и принадлежностей
Кейс	61328	1	Поставляется по заказу
Программный продукт "SpecEx"; - внешний носитель данных с ПО - руководство оператора		1	Для работы спектрометра с ПК
Программный продукт "GARMI"; - внешний носитель данных с ПО - руководство оператора		1	Поставляется по заказу
Программный продукт "GARMI"; - внешний носитель данных с ПО - руководство оператора		1	Для отображения на ПК результатов измерений с привязкой к координатам местности
Персональные компьютеры			Поставляется по заказу
Примечание - Контрольная проба выполнена на основе калия хлоридного галудинического	ЛОСТ 4588-85 (минеральный удобрение)		

## 1.4 Устройство и работа спектрометра

### 1.4.1 Принцип действия спектрометра

1.4.1.1 Принцип действия спектрометра основан на использовании методов спектрометрии, дозиметрии и радиометрии.

При измерении мощности дозы гамма-излучения детектором NaI(Tl) использован *спектрометрический метод преобразования* аппаратурных спектров непосредственно в мощность дозы с помощью корректирующих весовых коэффициентов, значения которых зависят от амплитуды регистрируемых импульсов. Верхняя граница диапазона измерения мощности дозы спектрометрическим методом зависит как от максимальной допустимой статистической загрузки детектора NaI(Tl), так и энергии регистрируемого гамма-излучения (см. приложение Б). Максимальная допустимая статистическая загрузка детектора NaI(Tl) при измерении мощности дозы составляет  $2 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ .

Для расширения диапазона измерения мощности дозы используется счетчик Гейгера-Мюллера с фильтром, выравнивающим энергетическую зависимость чувствительности. При превышении статистической загрузки детектора NaI(Tl), равной  $2 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$  или значения мощности дозы гамма-излучения  $300 \text{ мкЗв/ч}$ , измеряемой детектором NaI(Tl), спектрометр автоматически в течение времени не более 1 с переходит в режим отображения на экране мощности дозы гамма-излучения, измеряемой счетчиком Гейгера-Мюллера.

Алгоритм работы спектрометра обеспечивает непрерывность и одновременность процесса измерений для всех детекторов, вычисление средних значений результатов измерений и оперативное представление получаемой информации на экране, расчет и индикацию на экране статистических погрешностей в темпе поступления сигналов от детекторов, быструю адаптацию к изменению уровней радиации.

Для обеспечения стабильности измерений реализована система светодиодной и температурной стабилизации спектрометрического тракта.

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

Заряд блока аккумуляторов может осуществляться:

- от сети переменного тока напряжением 230 В частотой 50 Гц через сетевой адаптер, на выходе которого формируется напряжение 12 В;
- от источника постоянного тока напряжением + 12 В с выходным током не менее 1 А, например, бортовой сети автомобиля.

Сетевой адаптер или источник постоянного тока (+ 12 В) подключается к спектрометру только для заряда блока аккумуляторов согласно рисунку 1.1.

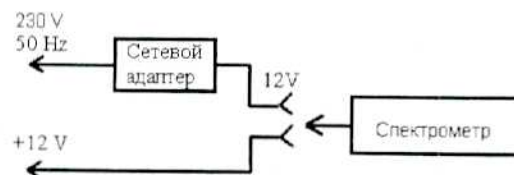


Рисунок 1.1

## 1.4.2 Конструкция спектрометра

### 1.4.2.1 Общий вид спектрометра представлен на рисунке 1.2.

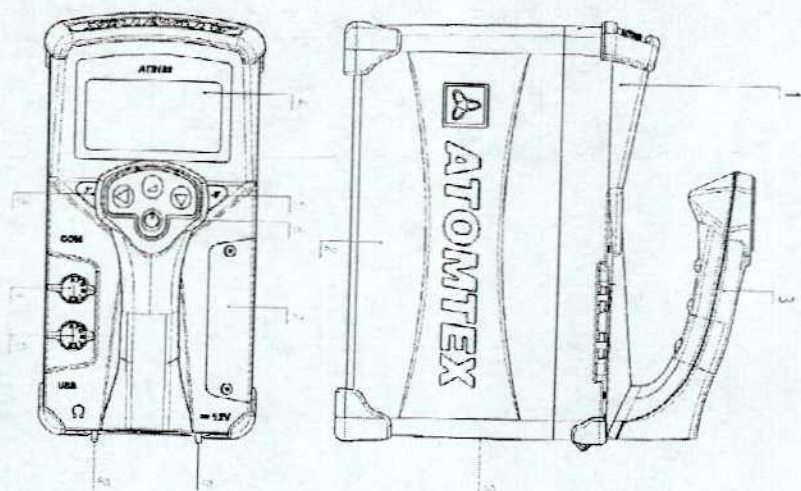
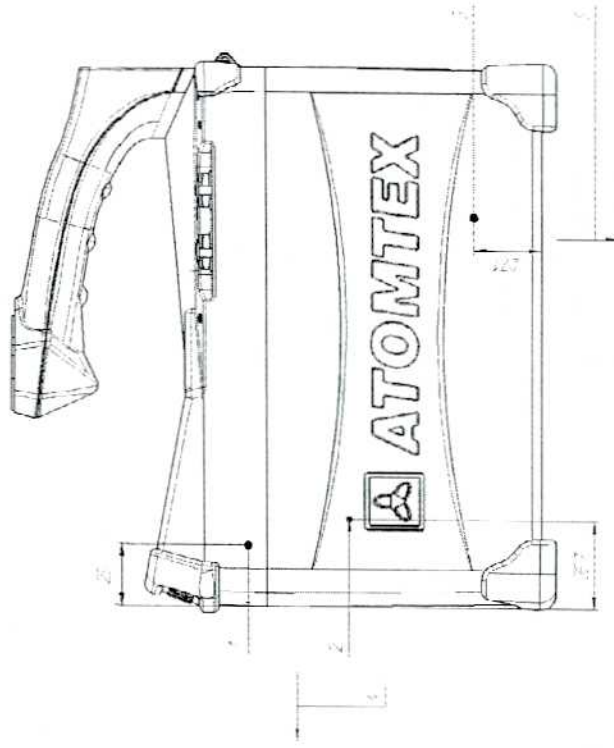


Рисунок 1.2 – Общий вид спектрометра

Конструкция спектрометра выполнена в виде моноблока, корпус которого состоит из пластиковой панели (1) и пластикового кожуха (2) с амортизирующими накладками. На панели расположена ручка (3) для переноски спектрометра крышка отсека для аккумулятора (7), жидкокристаллический экран (4) и световые индикаторы (5 и 8). Органы управления спектрометра в виде мембранной панели (6) расположены на ручке (3), что позволяет пользоваться спектрометром одной рукой. На передней поверхности корпуса спектрометра расположены две точки разного цвета, обозначающие проекции центров детекторов расположенных внутри корпуса спектрометра (красная точка для детектора NaI(Tl), черная точка для счетчика Гейгера-Мюллера). На дне кожуха имеется точка красного цвета, обозначающая проекцию центра детектора нейтронного излучения. На задней поверхности кожуха расположен звуковой сигнализатор (13). В ручке (3) смонтирован вибрационный сигнализатор. Для обеспечения защиты от брызг и пыли корпус имеет резиновые уплотнители.

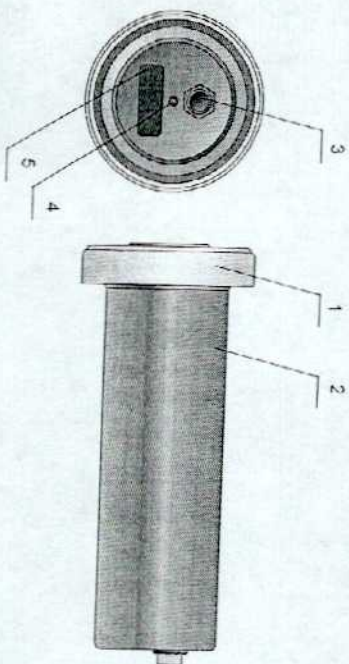
На рисунке 1.3 указаны расположения центров встроенных детекторов и направления, в которых необходимо ориентировать спектрометр при его калибровке и работе.



- 1 – геометрический центр чувствительного объема счетчика Гейгера-Мюллера;
- 2 – эффективный центр кристалла NaI(Tl);
- 3 – геометрический центр счетчиков нейтронного излучения;
- 4 – направление на источник гамма-излучения;
- 5 – направление на нейтронный источник

### Рисунок 1.3 – Расположение центров встроенных детекторов илучения

1.4.2.2 Внешний вид блоков БДГА-01 и БДПБ-01 представлен на рисунке 1.4. Конструктивно блоки выполнены одинаково в виде двух цилиндрических корпусов. В конусообразном корпусе расположены детектор и светозащитные прокладки. В другом корпусе расположены узел ФЭУ и электронные блоки. На торцевой поверхности корпуса (2) расположены соединитель (3) для подключения кабеля пломба (4) и шильдик (5). На входном окне БД устанавливается съемная крышка (1), которая предохраняет от повреждения светозащитные пленки и используется при измерениях фона.

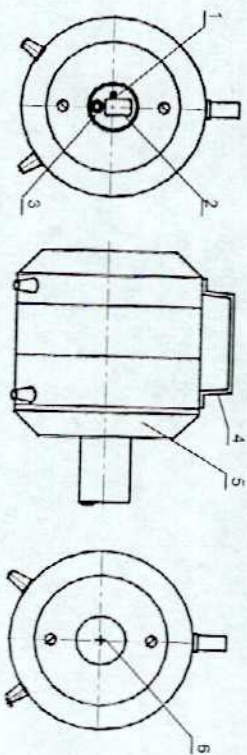


1 – крышка; 2 – корпус БД; 3 – соединитель; 4 – фланец; 5 – шильдик

Рисунок 1.4 – Внешний вид БДПА-01, БДПБ-01

1.4.2.3 Внешний вид БДКН-03 представлен на рисунке 1.5.

БДКН-03 конструктивно состоит из несущего полиэтиленового корпуса (5), в котором расположен счетчик, и электронных узлов, закрепленных к корпусу и закрытых экраном. Несущий корпус собирается из нескольких полиэтиленовых колец и втулок, которые стягиваются шильдиками и имеют уплотнительные прокладки. На торцевой поверхности экрана расположен соединитель (3) для подключения кабеля шильдик (2) и фланец (1). На корпусе расположен держатель ручки (4) для переноски блока и ножки для обеспечения устойчивого положения.



1 – фланец; 2 – шильдик; 3 – соединитель; 4 – ручка;  
5 – корпус БД; 6 – метка для градуировки.

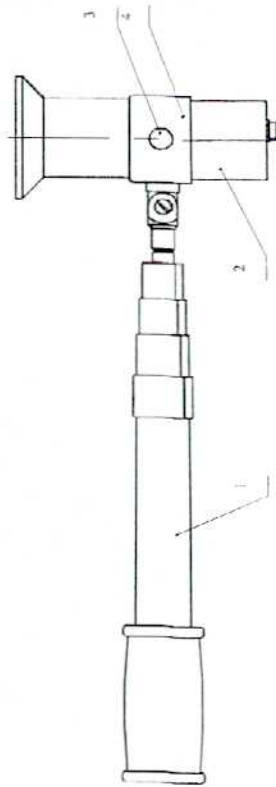
Рисунок 1.5 – Внешний вид БДКН-03

1.4.2.4

Термокопировочная штанга (рисунок 1.6) предназначена для удобства работы с внешним БД в труднодоступных местах и выполнена на базе легких алюминиевых профилей, которые легко фиксируются в любом положении, обеспечивая необходимую длину штанги.

При использовании термокопировочной штанги держатель (4) вставляется к последнему колесу штанги, а БД (2) фиксируется в держателе винтом (3).



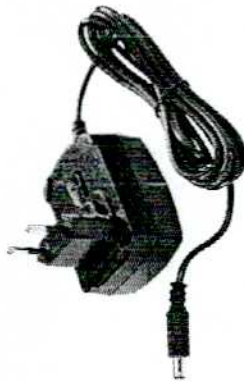


1 – клено штанги; 2 – БД; 3 – винт; 4 – держатель

**Рисунок 1.6 – Общий вид БД, установленного на телескопической штанге**

1.4.2.5 Общий вид сетевого адаптера приведен на рисунке 1.7. Сетевой адаптер используется для зарядки блока аккумуляторов.

Сетевой адаптер включается в розетку электрической сети переменного тока напряжением 230 В частотой 50 Гц. Кабель сетевого адаптера подсоединяется к разъему питания (1) спектрометра (см. рисунок 1.2). Корпус адаптера изготовлен из полистирола.



**Рисунок 1.7 – Общий вид сетевого адаптера**

1.4.2.6 Контрольная проба представляет собой пластмассовую упаковку, заполненную минеральным удобрением на основе калия хлористого с естественным радиоизотопом К-40. Контрольная проба размещается на штатном месте в упаковочной сумке спектрометра и предназначена для обеспечения стабилизации спектрометрического тракта в процессе эксплуатации спектрометра. Общий вид контрольной пробы приведен на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8 – Общий вид контрольной пробы

## 1.5 Маркировка и пломбирование

1.5.1 Маркировка спектрометра выполнена на передней панели корпуса и на нижней поверхности корпуса спектрометра. Маркировка на передней панели корпуса выполнена методом офсетной печати и содержит:

- обозначение модели спектрометра, принятое изготовителем (АТ6102);
- символы "У", "12V", "P";

Маркировка на нижней поверхности корпуса спектрометра выполнена в виде наклейки и содержит:

- товарный знак изготовителя;
- наименование «СПЕКТРОМЕТР»;
- обозначение типа спектрометра;
- заводской номер и код по системе нумерации изготовителя;
- год изготовления;
- степень защиты корпуса IP65 по ГОСТ 14254-96;
- надпись «Сделано в Беларуси»;
- знак утверждения типа;
- единый знак обращения продукции на рынке государств - членов Таможенного союза.

Знак утверждения типа и единый знак обращения продукции на рынке государств - членов Таможенного союза наносятся на титульный лист руководства по эксплуатации (РЭ).

1.5.2 Маркировка блоков детектирования спектрометров выполнена в виде этикеток на торцевых поверхностях блоков детектирования и содержит:

- обозначение блока детектирования;
- заводской номер по системе нумерации изготовителя;
- год изготовления;
- степень защиты корпуса по ГОСТ 14254-96;
- надпись «Сделано в Беларуси»;
- знак утверждения типа;
- товарный знак изготовителя;
- единый знак обращения продукции на рынке государств - членов Таможенного союза.

На корпусах блоков детектирования БДПА-01, БДПБ-01 находятся этикетки с предупреждающими надписями «ВНИМАНИЕ! Берегите светозащитную пленку от повреждения. Берегите блок от ударов».

На корпусе блока детектирования БДКН-03 расположена этикетка с предупреждающей надписью «БЕРЕЧЬ ОТ УДАРОВ».

- 1.5.3 Маркировка транспортной тары выполнена по ГОСТ 14192-96 в виде бумажных этикеток, содержащих манипуляционные знаки, основные, дополнительные и **информационные надписи**. Надписи на этикетках выполнены способом компьютерной печати.

Этикетки ламинируются пленкой и наклеиваются на транспортную тару.

Манипуляционные знаки, наносимые на этикетки транспортной тары: «ХРУПКОЕ. ОСТОРОЖНО», «ВЕРХ», «БЕРЕЧЬ ОТ ВЛАГИ», «ОГРАНИЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ!».

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.

На транспортную тару наносится знак обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза.

- 1.5.4 Пломбирование спектрометра выполнено в виде наклейки из специальной разрушающейся пленки. Пломба расположена под защитной пробкой ножки корпуса.

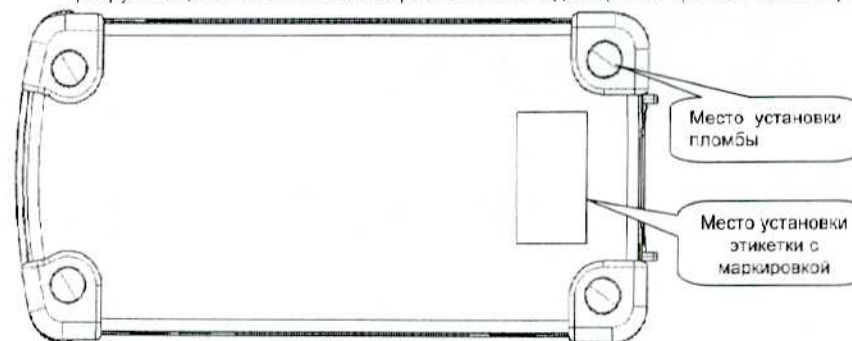


Рисунок 1.9 – Пломбирование спектрометра

## 1.6 Упаковка


- 1.6.1 Для хранения и переноски спектрометра и части его принадлежностей в комплекте имеется специальная сумка с амортизационным вкладышем для защиты спектрометра от случайных ударов, а также кейс для хранения и переноски блоков детектирования из комплекта поставки.

## 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 спектрометр и его принадлежности из укладочной сумки.
- 2.1.3 Проверить комплектность спектрометра в соответствии с подразделом 1.3. Пломба изготовителя, расположенная под защитной пробкой ножки корпуса спектрометра, не должна быть повреждена.
- 2.1.4 Провести внешний осмотр спектрометра и принадлежностей:
- проверить отсутствие видимых механических повреждений корпуса и кнопок управления спектрометра, контрольной пробы, сетевого адаптера и его кабеля;
  - проверить чистоту и исправность разъемов для внешних подключений, четкость маркировочных надписей.
- 2.1.5 Внимательно изучите все разделы данного руководства по эксплуатации.

### 2.2 Включение и выключение спектрометра

Спектрометр включается нажатием и удержанием кнопки «» в течение 1 – 1,5 с (см. рисунок 2.1).

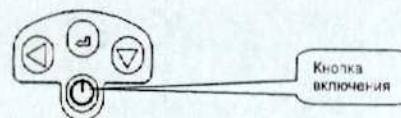


Рисунок 2.1

На экране спектрометра последовательно появляются изображения, как на рисунке 2.2.

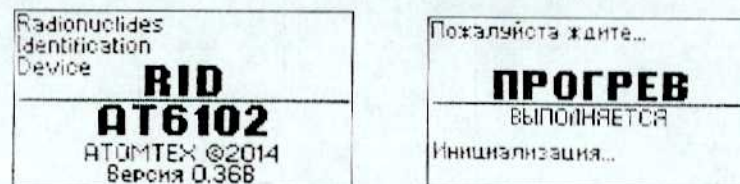


Рисунок 2.2

Далее спектрометр переходит в режим самоконтроля (см. пункт 3.2).

После успешного прохождения самоконтроля спектрометр предложит выполнить стабилизацию спектрометрического тракта с детектором NaI(Tl).


Спектрометр выключается из любого режима нажатием и удержанием кнопки «» до появления на экране сообщения как на рисунке 2.3. Отпустите кнопку, и через несколько секунд спектрометр выключится.



Рисунок 2.3

### 2.3 Заряд блока аккумуляторов

- 2.3.1 Питание спектрометра осуществляется от встроенного блока аккумуляторов (БА), для заряда которого в спектрометре имеется автоматическое зарядное устройство.
- 2.3.2 Заряд БА осуществляется от сети переменного тока напряжением 230 В и частотой 50 Гц через сетевой адаптер, на выходе которого формируется напряжение +12 В. Для заряда БА подсоедините кабель сетевого адаптера к разъему «--12V» и подключите сетевой адаптер к сети переменного тока напряжением 230 В частотой 50 Гц. О наличии напряжения +12 В свидетельствует свечение светодиода «--» зеленого цвета. Процесс заряда БА сопровождается свечением светодиода «» оранжевого цвета. При достижении полного заряда БА светодиод «» гаснет. Время заряда полностью разряженного БА составляет 3--4,5 часа. Заряд БА возможен также от источника постоянного тока напряжением 12 В с выходным током не менее 1 А, например, от бортовой сети автомобиля для чего в комплект поставки входит специальный кабель. Заряжать БА рекомендуется при температуре воздуха от 15 °С до 25 °С.
- 2.3.3 Заряд БА необходимо проводить в следующих случаях:
- если спектрометр не включается;
  - если начал мигать символ заряда аккумулятора «».
- 2.3.4 Момент разряда БА фиксируется в журнале.
- 2.3.5 Для предотвращения уменьшения емкости БА рекомендуется работать со спектрометром до полного разряда БА и лишь затем производить заряд. Также рекомендуется раз в 3 месяца производить цикл полного разряда-заряда БА. При длительных перерывах в работе со спектрометром необходимо не реже одного раза в 6 месяцев полностью заряжать БА для компенсации саморазряда. Невыполнение этих рекомендаций уменьшает емкость БА и может привести к преждевременному выходу БА из строя.

### 3 Использование по назначению

#### 3.1 Меры безопасности

- 3.1.1 В процессе эксплуатации спектрометра во избежание его повреждений необходимо соблюдать осторожность при обращении с ним, оберегать спектрометр от сильных ударов и падений. Запрещается разбирать спектрометр и его принадлежности.
- 3.1.2 По степени защиты от поражения электрическим током спектрометр соответствует оборудованию класса III ГОСТ 12.2.091-2012 (IEC 61010-1:2001), а при заряде аккумуляторов от сетевого адаптера соответствует оборудованию класса II ГОСТ 12.2.091-2012 (IEC 61010-1:2001).
- 3.1.3 Все работы по настройке, проверке, ремонту, техническому обслуживанию и поверке спектрометра, связанные с использованием радиоактивных источников, проводить в соответствии с требованиями СанПиН от 31.12.2013 №137, СанПиН от 28.12.2012 №213 и ГН от 28.12.2012 №213.
- 3.1.4 Спектрометр соответствует требованиям пожарной безопасности, установленным ГОСТ 12.1.004. Вероятность возникновения пожара не превышает  $10^{-6}$  в год.

#### 3.2 Самоконтроль

В режим самоконтроля спектрометр переходит сразу после включения питания.

В случае успешного самоконтроля на экране появится приглашение к выполнению стабилизации.





При обнаружении критической ошибки инициализации логической схемы в процессе самоконтроля раздается четыре звуковых сигнала. При обнаружении критических ошибок другого рода на экране появляется одно из следующих сообщений:

«UNDEFINE INSTRUCTION», «FIQ INTERRUPT», «PREFETCH ABORT», «DATA ABORT», «Exception in module».

В этом случае дальнейшая работа со спектрометром невозможна, и необходимо обратиться к изготовителю для осуществления ремонта.

#### 3.3 Сведения об интерфейсе пользователя

Интерфейс пользователя спектрометра состоит из четырех кнопок и экрана. На кнопки нанесены изображения, обозначающие наиболее частые и общие функции:

- кнопка  чаще всего используется для возврата в основной режим работы спектрометра «ПОИСК», а при вводе числа или текста, для отображения следующего символа по порядку.
- кнопка  чаще всего используется для подтверждения действия или входа в подрежим.
- кнопка  чаще всего используется для перехода по режимам, а при вводе числа или текста, для перемещения курсора к следующему символу.
- кнопка  используется для выхода из подрежима, для вызова или выхода из меню и для выключения спектрометра при нажатии и длительном удержании кнопки.



Нажатие кнопок сопровождается звуковым сигналом только в режиме сигнализации «ЗВУК».

Экран спектрометра поделен на три зоны:

- верхняя строка, в которой попеременно отображаются дата, время и температура детектора NaI, а также постоянно отображаются название текущего режима, значок режима сигнализации, уровень заряда батареи, активность GPS приемника и интерфейса Bluetooth;
- нижняя строка, в которой отображаются названия функций кнопок в данном режиме;
- центральная часть, в которой отображается вся остальная информация режима.

Примечание – температура детектора NaI может существенно отличаться от температуры окружающей среды.

Далее в тексте ссылки на кнопки будут даваться согласно названию их функций.

Большинство режимов имеет меню, которое вызывается кнопкой . Переход по пунктам меню осуществляется кнопками «ВВЕРХ» и «ВНИЗ», а выбор пункта осуществляется кнопкой «ВЫБОР». Выход из меню осуществляется кнопкой .

### 3.4 Режимы работы спектрометра

Спектрометр имеет следующие пользовательские режимы, краткое описание которых представлено в таблице 9.

Таблица 9

Название режима	Описание
СТАБИЛ	Стабилизация спектрометра от контрольной пробы или от источника $^{137}\text{Cs}$ . Можно запустить или отменить стабилизацию.
ПОИСК	Содержит подрежимы – автоматический поиск и идентификация радионуклидов, измерение МД гамма-излучения и СС нейтронного излучения. Отображает МД, СС гамма и нейтронного излучения, поисковую диаграмму по гамма-излучению.
РИД	Набор спектра, обработка спектра, идентификация радионуклидов, обнаружение источников гамма и нейтронного излучения малой активности за длительное время.
ИЗМЕР	Поиск источников гамма- и нейтронного излучения и измерения МД, без автоматической идентификации нуклидов. Запись в файл последовательности скоростей счета импульсов нейтронного излучения, мощности дозы гамма-излучения, GPS координат.
ФОН	Измерение фона для функции поиска
GPS	Управление GPS-приемником и отображение данных GPS
СВЯЗЬ	Связь с ПК по интерфейсу Bluetooth
ОПЦИИ	Настройки спектрометра и отображение его параметров
ЖУРНАЛ	Просмотр журнала событий
ИНФО	Отображение важной информации о спектрометре. Режим появляется после выполнения самоконтроля и при наличии неполадок в приборе.
ВВОД	Ввод числа или текста

### 3.4.1 Общие сведения о режимах

При включении питания и выполнении самоконтроля без ошибок спектрометр автоматически переходит в режим «СТАБИЛИЗАЦИЯ». Стабилизация обеспечивает автоматическую настройку энергетической шкалы спектрометрического тракта с детектором NaI(Tl) в соответствие с заводской градуировкой. После прохождения или отмены стабилизации спектрометр переходит в режим «ПОИСК».

В режиме «ПОИСК» спектрометр выполняет функцию поискового прибора с одновременной оценкой радиационной обстановки в зоне поиска, а также функцию идентификации гамма-излучающих радионуклидов. В этом режиме возможна также работа спектрометра с внешними блоками детектирования БДПА-01, БДПБ-01 и БДКН-03.

При работе спектрометра в поисковом режиме анализируются скорости счета импульсов от сцинтилляционного детектора NaI(Tl) и нейтронных счетчиков. Превышения скоростей счета импульсов над соответствующими порогами срабатывания тревожной сигнализации подтверждаются звуковыми, световыми и вибрационными сигналами, что указывает на факт обнаружения радиоактивного источника. Обнаружение радиоактивного источника гамма-излучения автоматически переводит спектрометр в подрежим идентификации радионуклидов.

В режиме «ПОИСК» на экране спектрометра постоянно отображаются результаты измерений мощности дозы и скорости счета гамма-излучения и скорости счета импульсов нейтронов, что позволяет оперативно контролировать радиационную обстановку в зоне поиска и принимать необходимые решения.

Функция идентификации радионуклидов заключается в измерении энергетического спектра гамма-излучения, его математической обработке и выдачи на экран спектрометра названия идентифицированного радионуклида.

Режим «РИД» позволяет использовать более широкие функциональные возможности спектрометра по анализу энергетического распределения гамма-излучения. Доступ в режим «РИД» возможен только после ввода специального пароля. Режим «РИД» предназначен для использования квалифицированным специалистом-экспертом.

### 3.4.2 Режим «Стабилизация»

Стабилизация обеспечивает автоматическую настройку энергетической шкалы спектрометрического тракта с детектором NaI(Tl) в соответствие с заводской градуировкой.

Рекомендуется проводить стабилизацию в нормальных климатических условиях. Периодичность стабилизации – 1 раз в день при подготовке спектрометра к работе.

Стабилизация осуществляется от контрольной пробы, которая входит в комплект поставки спектрометра, и размещается при стабилизации на штатном месте в укладочной сумке спектрометра вплотную к его передней поверхности.

**Примечание** – Допускается проводить стабилизацию спектрометра после извлечения его из укладочной сумки, при этом спектрометр устанавливают в вертикальное положение, а контрольную пробу размещают на передней поверхности корпуса спектрометра симметрично относительно красной точки, обозначающей проекцию центра детектора NaI(Tl).

При включении и успешном прохождении самоконтроля, спектрометр предлагает выполнить стабилизацию (см. рисунок 3.1). Для выполнения стабилизации нажмите кнопку «СТАРТ». При последующих включениях спектрометра в течение рабочего дня можно отказаться от проведения стабилизации нажатием кнопки «ОТМЕНА».



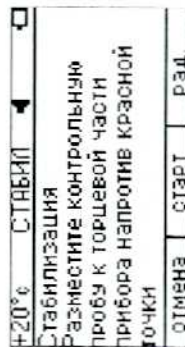


Рисунок 3.1

**Примечание** – Допускается проводить стабилизацию спектрометра от контрольного источника гамма-излучения с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$ . Чтобы выбрать контрольный источник  $^{137}\text{Cs}$  для проведения стабилизации, надо нажать кнопку «РАД». Поместить контрольный источник на передней панели спектрометра симметрично относительно красной метки, обозначающей проекцию центра детектора NaI(Tl), и нажать кнопку «СТАРТ», чтобы начать стабилизацию.

После запуска режима стабилизации на экране будут и сообщения: «Стабилизация» «Установка усиления», «Набор спектра», «Расчет». Если на экране появится сообщение «Стабилизация не выполнена. Повторите стабилизацию в условиях отсутствия посторонних источников радиации», то это значит, что либо отсутствовала контрольная проба или источник, либо присутствовали посторонние источники гамма-излучения. Повторите стабилизацию, выполнив все необходимые для этого условия. В противном случае, следует обратиться к изготовителю спектрометра.

Появление на экране сообщения «Стабилизация невозможна. Нет калибровок» означает, что калибровочные данные отсутствуют или повреждены. В случае успешного выполнения стабилизации на экране появится сообщение «С-стабилизация выполнена».

Выход из этих состояний осуществляется нажатием кнопки «ВЫХОД».

Для повторения стабилизации нажмите кнопку «ПОВТОР».

Продолжительность процесса стабилизации от контрольной пробы, входящей в комплект поставки спектрометра, составляет от 2 до 10 мин.

### 3.5 Режим «ПОИСК»

Работа в режиме «ПОИСК» позволяет:

- обнаружить и локализовать источники гамма-излучения;
- обнаружить источник нейтронного излучения;
- оценить радиационную обстановку;
- провести идентификацию гамма-излучающих радионуклидов;
- измерить плотность потока альфа- и бета-частиц с загрязненной поверхности;
- измерить мощность дозы нейтронного излучения.

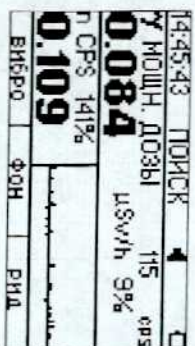


Рисунок 3.2

Нажатием кнопки «ЗВУК/ВИБРО/ТИХО» можно выбрать режим сигнализации спектрометра из трех возможных «ЗВУК», «ВИБРО» или «ТИХО».

**ВНИМАНИЕ! В РЕЖИМЕ «ТИХО» БУДЕТ СРАБАТЫВАТЬ ТОЛЬКО СВЕТОВАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ, ДАЖЕ ПРИ ПРЕВЫШЕНИИ ПОРОГА БЕЗОПАСНОСТИ.**

### 3.5.1 Калибровка по фону

Калибровка по фону осуществляется для детектора NaI(Tl) и необходима для обнаружения и локализации источника гамма-излучения. Измеренный фон сохраняется в энергонезависимой памяти спектрометра.

Спектрометр автоматически измеряет радиационный фон до достижения 9% статистической погрешности скорости счета импульсов гамма-излучения, после чего значение фона автоматически запоминается, и спектрометр переходит в режим «ПОИСК». Для перехода в режим поиска с ранее проведенной калибровкой по фону надо нажать кнопку «ОТМЕНА».

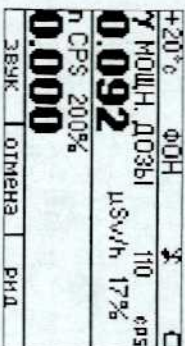


Рисунок 3.3

Если в процессе работы потребует повторно измерить фон, то необходимо нажать кнопку «ФОН», после чего процедура автоматического набора и сохранения фона повторится.

Фон необходимо набирать в некотором отдалении от исследуемого объекта, так как относительно этого фона будет проходить анализ интенсивности гамма-излучения.

### 3.5.2 Обнаружение и локализация источников гамма-излучения

Поиск источника гамма-излучения спектрометра необходимо проводить передней поверхностью спектрометра по отношению к объекту исследования (рисунок 1.3).

При обнаружении источника гамма-излучения сработает световая (красный индикатор) и звуковая или вибрационная сигнализация.

При приближении к источнику гамма-излучения сигнализация будет срабатывать чаще.

**ВНИМАНИЕ! В РЕЖИМЕ «ТИХО» БУДЕТ СРАБАТЫВАТЬ ТОЛЬКО СВЕТОВАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ**

### 3.5.3 Обнаружение и локализация источников нейтронного излучения

Поиск источника нейтронного излучения нужно проводить, ориентируя нижнюю поверхность спектрометра на объект исследования (рисунок 1.3).

При обнаружении источника нейтронного излучения сработают световая (синий индикатор) и звуковая сигнализации.

Для корректной работы функций обнаружения и локализации источников нейтронного излучения необходимо измерить фон нейтронного излучения до 20% статистической погрешности и сохранить его в памяти спектрометра, используя команду меню. Это необходимо сделать при самом первом использовании прибора и при изменении высоты расположения спектрометра над уровнем моря более чем на 500 метров. Измерение фона нейтронного излучения очень длительный процесс и обычно требует 30 и более минут. Сохранить значение фона нейтронного излучения можно только вручную через меню и ориентируясь на значение статистической погрешности скорости счета нейтронного излучения.

**ВНИМАНИЕ! В РЕЖИМЕ «ТИХО» БУДЕТ СРАБАТЫВАТЬ ТОЛЬКО СВЕТОВАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ.**

### 3.5.4 Оценка радиационной обстановки

В режиме поиска на экране спектрометра постоянно отображаются мощность дозы гамма-излучения (измеренная детектором NaI(Tl)) и скорость счета импульсов нейтронов, что позволяет оперативно контролировать радиационную обстановку в зоне поиска и принимать необходимые решения. На экране спектрометра также отображается диаграмма среднеквадратических отклонений текущей скорости счета импульсов от фоновой скорости счета импульсов в соответствии с рисунком 3.4.

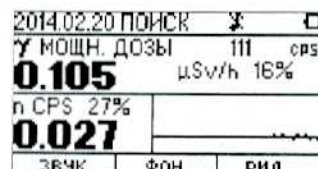


Рисунок 3.4

В процессе работы спектрометр также постоянно измеряет мощность дозы гамма-излучения, и сравнивает ее со значением порога безопасности.

При превышении значения порога безопасности спектрометр переходит в режим «ПОИСК» из любого режима работы, появится надпись «ОПАСНО! Высокая радиация отойдите назад», прозвучит тревожный прерывистый звуковой сигнал (если в спектрометре отключен звук, то сработает вибрационная сигнализация) и замигает тревожный индикатор красного цвета.

Это означает, что в зоне действия оператора опасный уровень гамма-излучения, и оператору нужно немедленно покинуть опасную зону.

Значение порога безопасности по умолчанию устанавливается равным 100 мкЗв/ч и может быть изменено в экспертном режиме раздела «ПАРАМ».

**ВНИМАНИЕ! В РЕЖИМЕ «ТИХО» БУДЕТ СРАБАТЫВАТЬ ТОЛЬКО СВЕТОВАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ.**

### 3.5.5 Меню режима «ПОИСК»

Меню режима «ПОИСК» представлено следующими пунктами:

- **Сохранить значение.** Сохраняет в журнал текущие значения мощности дозы гамма-излучения и скорости счета импульсов нейтронного излучения с

привязкой к географическим координатам местности, используя показания GPS приемника.

- **Режим идентификации.** Принудительно запустить идентификацию радионуклидов.
- **Сохранить нейтронный фон.** Сохраняет текущее значение скорости счета импульсов нейтронного излучения в качестве фонового значения, относительно которого выполняется поиск источников нейтронного излучения.
- **Выключить.** Выключает спектрометр.

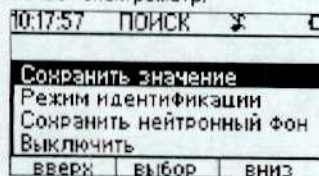


Рисунок 3.5

### 3.5.6 Идентификация гамма-излучающих радионуклидов

В спектрометре реализована функция идентификации радионуклидного состава источника гамма-излучения.

Режим идентификации может быть автоматическим или ручным.

- 1) Автоматический – если спектрометр перешел в режим идентификации автоматически при обнаружении источника гамма-излучения из режима «ПОИСК», закончил идентификацию, отобразив результат идентификации на некоторое время, автоматически вернулся в режим «ПОИСК».
- 2) Ручной – если спектрометр был переведен пользователем в режим идентификации используя меню. В этом случае результат идентификации останется на экране до возврата в режим «ПОИСК» нажатием кнопки «ПОИСК».

На экране появляется надпись «Идн» и начинается обратный отсчет времени до окончания процесса идентификации (рисунок 3.6). Пока не закончилось время идентификации, его можно продлить, выбрав в меню пункт «Продлить время» (рисунок 3.7). Время идентификации каждый раз продлевается на установленное в настройках спектрометра число.

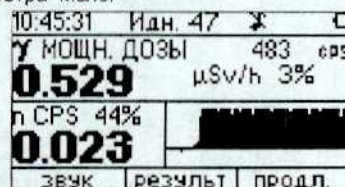


Рисунок 3.6

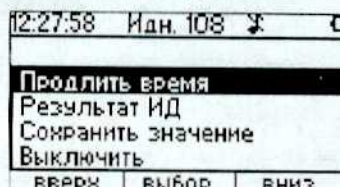


Рисунок 3.7

**Примечание** - При выпуске спектрометра из производства время идентификации устанавливается равным 60 с и может быть изменено в экспертном режиме раздела «ПАРАМ».

Идентификацию нужно проводить передней поверхностью спектрометра МКС-АТ6102 в неподвижном положении спектрометра (рисунок 3.8).

При успешной идентификации или при выборе в меню пункта «Результат ИД» на экране отображается результат идентификации (рисунок 3.8)

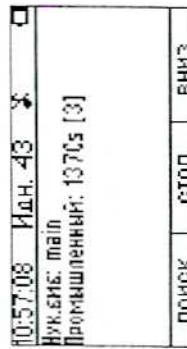


Рисунок 3.8

Результатом идентификации может быть:

- категория и название радионуклида в соответствии с таблицей (3.5.7) в случае успешной идентификации;
- «90Sr» - это означает, что обнаружено тормозное излучение бета-частиц;
- «НЕИЗВЕСТНЫЙ» - радионуклид не был идентифицирован;
- «НИЧЕГО» - ничего не идентифицировано.

Каждый новый идентифицированный радионуклид отображается на экране. При необходимости можно пролистать список идентифицированных радионуклидов нажатием кнопки «ВНИЗ».



Рисунок 3.9

Если при отображении результата идентификации (рисунок 3.9) нажать кнопку «ПОИСК», то спектрометр продолжит процесс идентификации, но на экране при этом будет отображаться информация режима «ПОИСК» (рисунок 3.6).

В случае, когда процесс идентификации остановлен (рисунок 3.9), пользователь может либо начать идентификацию сначала при нажатии кнопки «ЗАНОВО», либо перейти в режим ПОИСК при нажатии кнопки «ПОИСК».

В случае остановки идентификации по окончании времени или вручную, спектрометр автоматически сохранит результат идентификации в журнале и спектр, набранный во время идентификации, в файл с уникальным именем, которое соответствует текущей дате и времени.

### 3.5.7 Библиотека радионуклидов

Библиотека радионуклидов разделена на следующие категории:

- промышленные: Am-241, Ba-133, Co-57, Co-60, Cs-134, Cs-137, Eu-152, Ir-192, Mn-54, Na-22, Se-75, Pu-238, Cd-109, Mo-99, Sr-90;
- естественные: K-40, Ra-226, Th-232;
- медицинские: Cr-51, F-18, Ga-67, I-123, I-125, I-131, In-111, Tc-99m, Ti-201, Xe-133.

Спектрометр поддерживает работу с несколькими библиотеками радионуклидов. Выбрать активную библиотеку можно в экспертном режиме.

### 3.5.8 Работа с внешними блоками

#### 3.5.8.1 Общие сведения

В спектрометре предусмотрена возможность подключения внешних блоков детектирования поставляемых по заказу потребителя и предназначенных:

- БДПА-01 для измерения плотности потока и скорости счета альфа-частиц с загрязненных поверхностей;
- БДПБ-01 для измерения плотности потока и скорости счета бета-частиц с загрязненных поверхностей;
- БДКН-03 для измерения амбиентного эквивалента мощности дозы  $\dot{H}^*(10)$  и скорости счета нейтронного излучения (далее по тексту мощность дозы нейтронного излучения).

**Примечание** - Измерения с подключенными внешними БД можно проводить только в режиме «ПОИСК» и «ИЗМЕР».

Внешние БД соединяются со спектрометром с помощью кабеля БД через СОМ-разъем (9) (см. рисунок 1.2) на лицевой поверхности корпуса спектрометра.

Процессы измерений плотности потока альфа- бета - излучений, мощности дозы нейтронного излучения - непрерывны. В ходе измерений на экран спектрометра выводятся средние значения плотности потока (мощности дозы) и скорости счета импульсов за текущее время измерения, а также статистические погрешности измеряемых величин для доверительной вероятности 0,95. С увеличением продолжительности измерения значения статистических погрешностей уменьшаются что указывает на повышение статистической точности результатов измерений.

Алгоритм измерений обеспечивает также непрерывную оценку допустимых статистических разбросов результатов отдельных текущих измерений относительно среднего значения. Если статистический разброс превышает допустимую величину, то прибор автоматически начнет новый цикл усреднения результата. Это обеспечивает адаптацию прибора к возможным изменениям уровней загрязненности на исследуемых поверхностях. Автоматический перезапуск процесса измерений сопровождается скачкообразным изменением статистической погрешности, индицируемой на экране спектрометра.

#### 3.5.8.2 Измерение плотности потока бета-частиц с загрязненной поверхности

Перед измерением плотности потока бета-частиц с загрязненной поверхности необходимо подключить БДПБ-01 к спектрометру, измерить и сохранить фон в последовательности, изложенной ниже.

Установить БДПБ-01 с закрытой крышкой-фильтром на обследуемую поверхность. Подключить внешний БД к спектрометру. Через несколько секунд спектрометр автоматически перейдет в режим измерения фона (рисунок 3.10). Измерять фон

необходимо с установленной на БДПБ-01 защитной крышкой, поглощающей бета-излучение. Продолжительность измерения фона – 10 минут. Измеренный фон необходимо сохранить. БД должен размещаться на обследуемой поверхности.

Чтобы сохранить фоновое значение необходимо выбрать пункт меню «СОХРАНИТЬ ФОН» (рисунок 3.10), после чего спектрометр переходит в режим измерения с автоматическим вычитанием фона. Измеренный фон сохраняется в энергонезависимой памяти внешнего БД. Если до сохранения фона нажать кнопку «ОТМЕНА», то спектрометр переходит в режим измерения с автоматическим вычитанием ранее сохраненного в БД фона.

После сохранения фона измерения проводить со снятой крышкой-фильтром.

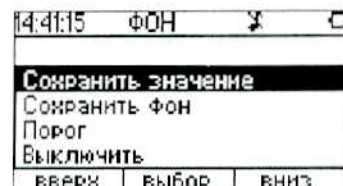


Рисунок 3.10

Процедуры подключения внешнего БД, описание алгоритмов измерений приведены в пункте 3.5.8.1.

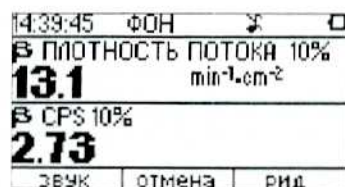


Рисунок 3.11

Если в процессе работы потребуется перемерить фон, то нажмите кнопку «ФОН», измерьте и сохраните фон заново.



Рисунок 3.12

Измерение плотности потока бета-частиц необходимо проводить только с вычитанием фона, при этом с входного окна БДПБ-01 должна быть снята защитная крышка. Измерения проводить установив БДПБ-01 со снятой крышкой входным окном к исследуемой поверхности.

Рекомендуется считывать с экрана результаты измерений при достижении статистической погрешности менее 15 – 20 %.

Для того чтобы перезапустить процесс измерения вручную необходимо нажать кнопку «ФОН» и затем кнопку «ОТМЕНА».

В спектрометре можно задать оперативный бета-порог по плотности потока бета-частиц в диапазоне от 0,00 до 30000 мин<sup>-1</sup>·см<sup>-2</sup>. При превышении бета-порога срабатывает световая, звуковая или вибрационная сигнализация. Бета-порог сохраняется в энергонезависимой памяти спектрометра.

Установить бета-порог можно в режиме набора фона или измерения бета-излучения. Для этого необходимо выбрать пункт меню «Порог» (рисунок 3.13), установить значение порога (рисунок 3.13).

14:42:42	ВВОД	☒	☐
Порог по бета-излучению			
Пред:17,0	10 - 30000	1	мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>
Осталось счмт.: 6			
цифра	точка	дальше	

Рисунок 3.13

Порог считается неустановленным, если его значение равно нулю.

Для того чтобы сохранить измеренное значение плотности потока бета-излучения в журнале необходимо выбрать пункт меню «СОХРАНИТЬ ЗНАЧЕНИЕ» (рисунок 3.10).

### 3.5.8.3 Измерение плотности потока альфа-частиц с загрязненной поверхности

Перед измерением плотности потока бета-частиц с загрязненной поверхности необходимо подключить БДПА-01 к спектрометру, измерить и сохранить фон в последовательности, изложенной ниже.

Установить БДПА-01 с закрытой крышкой-фильтром на обследуемую поверхность. Подключить внешний БД к спектрометру. Через несколько секунд спектрометр автоматически перейдет в режим измерения фона (рисунок 3.14). Измерять фон необходимо с установленной на БДПА-01 защитной крышкой, пощащавшей альфа-излучение. Продолжительность измерения фона – 10 мин. Измеренный фон необходимо сохранить. Чтобы сохранить фоновое значение необходимо выбрать пункт меню «СОХРАНИТЬ ФОН» (рисунок 3.10), после чего спектрометр перейдет в режим измерения с автоматическим вычитанием фона. Измеренный фон сохраняется в энергонезависимой памяти внешнего БД. Если до сохранения фона нажать кнопку «ОТМЕНА», то спектрометр перейдет в режим измерения с автоматическим вычитанием ранее сохраненного в БД фона.

После сохранения фона измерения проводить со снятой крышкой-фильтром.

Процедуры подключения внешнего БД, описание алгоритма измерений приведены в пункте 3.5.8.1.

+23°C	ФОН	☒	☐
ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА 200%			
0,000	мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>		
CP5200%			
0,000			
ЗЕРКА	ОТМЕНА		PHL

Рисунок 3.14

Если в процессе работы потребуются перемерить фон, то нажмите кнопку «ФОН», измерьте и сохраните фон заново.



Перед тем, как проводить измерения плотности потока альфа-частиц с входного сена БДПА-01 должна быть снята съемная защитная крышка. Измерения проводить установив БДПА-01 со снятой крышкой входным окном к исследуемой поверхности. Рекомендуется считывать с экрана результаты измерений при достижении статистической погрешности менее 15–20 %. Для того чтобы перезапустить процесс набора вручную необходимо нажать кнопку «ФОН» и затем кнопку «ОТМЕНА».

+23°C ИЗМЕР		
α ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА 1%		
<b>1733</b>		min <sup>-1</sup> .cm <sup>-2</sup>
α СРС1%		
<b>268</b>		
ЗВУК	ФОН	РИД

Рисунок 3.15

В спектрометре можно задать оперативный альфа-порог по плотности потока альфа-частиц в диапазоне от 0.00 до 30000 мин<sup>-1</sup>.см<sup>-2</sup>. При превышении альфа-порога сработает световая, звуковая или вибрационная сигнализация. Альфа-порог сохраняется в энергонезависимой памяти спектрометра.

Установить альфа-порог можно в режиме набора фона или измерения альфа-излучения для этого необходимо выбрать пункт «ПОРОГ» (рисунок 3.10), установить значение порога (рисунок 3.16).

Порог считается неустановленным, если его значение равно нулю.

Для того чтобы сохранить измеренное значение плотности потока альфа-излучения в журнале необходимо выбрать пункт «СОХРАНИТЬ ЗНАЧЕНИЕ» (рисунок 3.10).

14:54:58 ВВОД		
Порог по альфа-излучению		
Пред:0.0	1	[0 - 30000]
		min <sup>-1</sup> .cm <sup>-2</sup>
Осталось симв.: 6		
ЦИФРА	ТОЧКА	ДАЛЬШЕ

Рисунок 3.16

#### 3.5.8.4 Измерение мощности дозы нейтронного излучения

Для измерения мощности дозы и скорости счета нейтронного излучения необходимо подключить БДКН-03 к спектрометру. Процедуры подключения внешнего блока детектирования, описание алгоритмов измерений приведены в 3.5.8.1.

16:37:29 ИЗМЕР		
n МОЩНОСТЬ ДОЗЫ		141%
<b>0.014</b>		μSv/h
n СРС 141%		
<b>0.007</b>		
ЗВУК	СБРОС	РИД

Рисунок 3.17

16:35:27	ИЗМЕР	★
Сохранить значение		
-----		
Лого		
Включить		
ВЕРН	ВЫБОР	ВНТЗ

Рисунок 3.18

Для того чтобы перезапустить процесс измерения вручную необходимо нажать кнопку «СРОС».

Рекомендуется считывать с экрана результаты измерений при достижении статистической погрешности менее 50 %.

В спектрометре можно задать оперативный порог по мощности дозы нейтронного излучения в диапазоне от 0,00 до 30000  $\mu\text{Sv/h}$ . При превышении порога работает звуковая или вибрационная сигнализация, световая (синий индикатор "n") сигнализирует. Нейтронный порог сохраняется в памяти спектрометра.

Установить нейтронный порог можно в процессе измерения нейтронного излучения, для этого необходимо выбрать пункт меню «ЛОГО» (рисунок 3.18), установить значение порога (рисунок 3.19).

+23°C	ВВОД	★
Порог по нейтронному излучению		
Пред:0,0	1	10 - 30000 $\mu\text{Sv/h}$
Осталось симв: 6		
ЦИФРА	ТОЧКА	ДАЛЬШЕ

Рисунок 3.19

Для того чтобы сохранить измененное значение мощности дозы нейтронного излучения в журнале необходимо выбрать пункт меню «СОХРАНИТЬ ЗНАЧЕНИЕ» (рисунок 3.18)

### 3.6 Работа в режиме «PII»

#### 3.6.1 Общие сведения

Режим «PII» - экспертный режим используется для измерения, анализа и обработки спектров гамма-излучения и предназначен для работы квалифицированного специалиста-эксперта.

В режиме PII имеется 2 подрежима - «СПЕКТР» и «ЧЕТ».

Измерение и отображение на экране спектрометра энергетического спектра гамма-излучения;

Индикация в копности дозы гамма-излучения;

Идентификация гамма-излучающих радионуклидов

сохранение спектров в каталоге спектрометра

просмотр каталога и загрузки сохраненных спектров гамма-излучения

определение положения максимума пика полного поглощения, энергии гамма-линии и относительного энергетического разрешения спектрометра.

Подрежим «СЧЕТ» предназначен для обнаружения радиоактивных источников, которые создают скорость счета импульсов гамма-излучения близкую к фоновому значению.

Экспертный режим предназначен для работы специалиста-эксперта и позволяет использовать более широкие функциональные возможности спектрометра.

### 3.6.2 Вход в режим «РИД»

Вход в экспертный режим осуществляется из режима «ПОИСК» нажатием кнопки «РИД», при этом на экране появится изображение как на рисунке 3.20.

Доступ в режим «РИД» возможен только после ввода специального пароля.

Возврат в режим «ПОИСК» осуществляется нажатием кнопки «ПОИСК». Переход в режим «ИЗМЕР» осуществляется нажатием кнопки «ИЗМЕР».

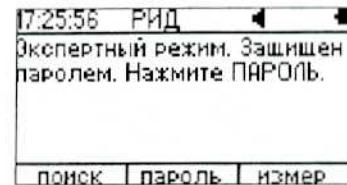


Рисунок 3.20

Для входа в режим РИД нажать кнопку «ПАРОЛЬ», ввести пароль и нажать кнопку «ВВОД» (см. рисунок 3.21).

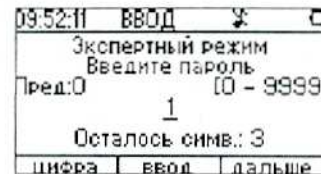


Рисунок 3.21

**Примечание** – Паролем являются четыре цифры, которые соответствуют значениям часов и минут на часах спектрометра. Таким образом, пароль изменяется каждую минуту.

После ввода правильного пароля будет открыт доступ к функциональным возможностям режима «РИД» (см. рисунок 3.22).

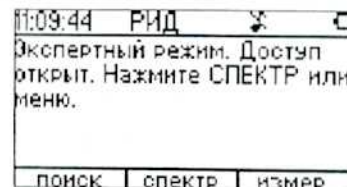


Рисунок 3.22

После нажатия кнопки «СПЕКТР» откроется подрежим «СПЕКТР» (см. рисунок 3.24). Из меню режима «РИД» можно перейти в подрежим «СЧЕТ» или выйти из

экспертного режима (см. рисунок 3.23).

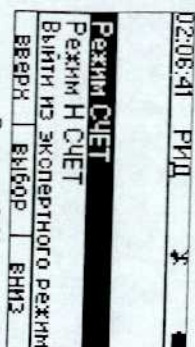


Рисунок 3.23

### 3.6.3 Подрежим «СПЕКТР»

В подрежиме «СПЕКТР» на экране отображается набираемый спектр, результат идентификации по этому спектру, подвижный маркер, информационное поле. Информационное поле представляет собой периодически меняющиеся данные с информацией о позиции маркера (поле маркера), данных спектра (поле спектра), данных обрабатываемого пика (поле пика, состоящее из двух частей), оперативная мощность дозы (поле мощности дозы).

- Поле спектра (см. рисунок 3.24) состоит из следующих значений:
  - текущее время набора спектра в секундах (s);
  - сумма импульсов всего спектра (сп) рассчитывается по всему спектру независимо от значений начального и конечного канала отображения спектра. Лишь в режиме работы с двумя маркерами сумма импульсов рассчитывается в границах маркеров включительно;
  - скорость счета импульсов в имп/с (cps), рассчитывается по спектру за время набора

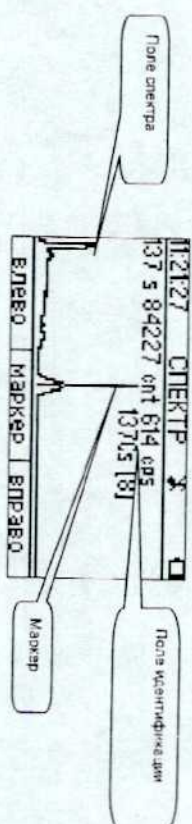


Рисунок 3.24

Поле маркера (рисунок 3.25) состоит из следующих величин:

- позиция маркера в канале;
- значение энергии в кэВ (keV), соответствующее градуировочной характеристике преобразователя спектрометра;
- количество импульсов в канале (сп).

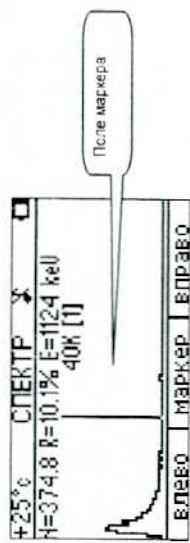


Рисунок 3.25

Поиск и обработка пиков происходит автоматически и зависит от позиции маркера. При перемещении маркера по спектру автоматически обрабатывается ближайший пик.

Поле пика состоит из двух частей. В поле пика отображаются данные ближайшего найденного от маркера пика. Если в поле пика нет никакой информации, то значит, что рядом с положением маркера пика не обнаружено.

Поле пика часть 1 (рисунок 3.26) состоит из следующих значений

- положение центра пика «N», в каналах;
- относительное энергетическое разрешение «R», в процентах (%);
- энергетические положение центра пика «E», в килоэлектронвольтах (keV).

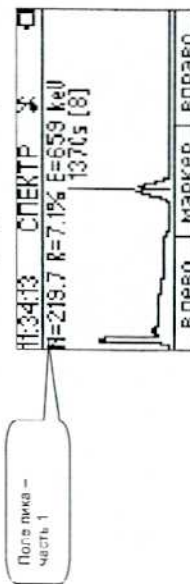


Рисунок 3.26

Поле пика часть 2 (рисунок 3.27) состоит из следующих значений:

- количество импульсов в пике полного поглощения «ПП», в импульсах (спт);
- скорость счета для обрабатываемого пика «СП» в имп/с (cps).

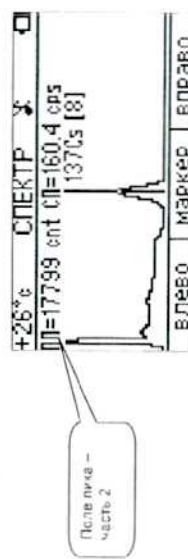


Рисунок 3.27

В поле оперативной мощности дозы (рисунок 3.28) отображается оперативная информация о радиационной обстановке независимо от параметров набравшего в режиме РИД спектра.

- оперативное значение мощности дозы гамма-излучения во всем диапазоне энергий «МД», в мкЗв/ч ( $\mu\text{Sv/h}$ );
- оперативное значение скорости счета гамма-излучения во всем диапазоне энергий «срс», имп/с.

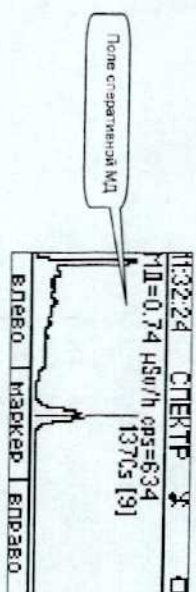




Рисунок 3.28

В режиме «РИД» осуществляется автоматическая идентификация радионуклидов. Для каждого идентифицированного радионуклида на экране появляется условное обозначение. Если на спектре не обнаружено ни одного радионуклида, то на экране будет написано слово «НИЧЕГО».

С помощью нажатия «ВВОД» можно переключать последовательно следующие подрежимы работы со спектром (кнопками  и ) осуществлять операции соответственно)

- **МАРКЕР** – перемещение маркера влево/вправо;
- **НАБОР** – начало нового набора спектра/становка набора спектра;
- **МАСШТ** – масштабирование спектра по горизонтали. Используется для более детального анализа участка спектра, например, пиков;
- **СДВИГ** – перемещение приближенного спектра влево/вправо.

**Примечание** – операция **СДВИГ** появляется только после использования операции «МАСШТ»;

- **ВЫСОТА** – масштабирование спектра по вертикали. Данная операция необходима для анализа пиков низкой интенсивности, которые при наличии пиков высокой интенсивности неразличимы на спектре в данном масштабе;
- **ОКНО** – перемещение второго маркера влево/вправо, который автоматически появляется при выборе операции «ОКНО» (рисунок 3.29). Данная операция используется для анализа суммы импульсов в заданном окне спектра;

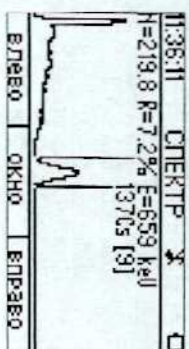


Рисунок 3.29

- **ВИД** – отображение шкалы отсчетов в логарифмическом виде/линейном виде;
- **Данные** операций переключаются циклически. Но после использования какой-либо из операций переключение начинается сначала с операции «МАРКЕР».

### 3.6.4 Меню подрежима «СПЕКТР»

Меню подрежима «СПЕКТР» представлено на рисунке 3.30



Рисунок 3.30

- Режим «ПОИСК» - Переход в режим «ПОИСК» из режима «РИД»;
- Время набора - Ввод времени набора спектра. Для начала нового набора спектра выбрать пункт «Время набора», ввести время набора спектра и нажать кнопку «ВВОД».

По истечении заданного времени набор спектра останавливается.

Время набора считается максимальным, если его значение задано равным нулю.

**Примечание** – При выключении спектрометра время набора спектра по умолчанию устанавливается равным 64800 с.

#### 3.6.4.1 Сохранение спектра

В памяти спектрометра можно сохранить до 700 измеренных спектров для последующего их анализа и копирования в ПК.

Чтобы сохранить измеренный спектр необходимо выбрать пункт «Сохранить спектр», ввести имя и нажать кнопку «ВВОД».

#### 3.6.4.2 Открытие спектра

Сохраненные в памяти спектрометра спектры можно открыть для последующего анализа и обработки.

Для открытия сохраненного спектра выбрать пункт «Открыть спектр». После чего на экране появится перечень спектров в соответствии с рисунком 3.31.



Рисунок 3.31

Выбором пунктов «>>Следующая стр.» и «<<Предыдущая стр.» можно листать страницы.

Выбрать спектр, который необходимо открыть, и нажать кнопку «ВЫБОР». После чего спектрометр перейдет в подрежим «СПЕКТР» для отображения открытого спектра.

### 3.7 Подрежим «СЧЕТ»

Подрежим «СЧЕТ» предназначен для обнаружения радиоактивных источников, которые создают скорость счета импульсов гамма-излучения близкую к фоновому значению.

В подрежиме «СЧЕТ» происходит непрерывное измерение скорости счета

Импульсов гамма-излучения. На экране (рисунок 3.32) отображается отсчет времени, за которое происходит измерение в секундах (s), сумма зарегистрированных фотонов в отчетах (cnt), скорость счета фотонов в отчетах за секунду (cps), фоновая скорость счета, относительно которой происходит обнаружение (cps).

+23°C	СЧЕТ	μ	□
Таймер, s	79		
γ Счетчик, cnt	11797		
γ cps	148.1		
Фон, 147.5 cps			
ПОИСК	СТОП	РИД	

Рисунок 3.32

Остановка процесса измерения осуществляется нажатием кнопки «СТОП». После остановки начать новый процесс измерения, нажать кнопку «СТАРТ». Переход в режим «ПОИСК» осуществляется нажатием кнопки «ПОИСК». Переход в режим «РИД» осуществляется нажатием кнопки «РИД».

Алгоритм измерений обеспечивает непрерывную оценку доступных статистических ресурсов результатов текущих измерений скорости счета импульсов относительно фоновых значений. Если статистический ресурс превышает доступную величину, то работает тревожная сигнализация. Для обнаружения радиоактивных источников в подрежиме «СЧЕТ» используется фон, набранный в режиме «ПОИСК». Данный подрежим чувствительнее, чем режимы «ПОИСК» и «ИЗМЕР», но требует больше времени для обнаружения источника.

Перед началом измерения необходимо зафиксировать прибор в неподвижном состоянии и оставить на время 1-2 мин. Если во время измерения возникает непрерывная тревожная сигнализация, значит, спектрометр обнаружил гамма-излучение превышающее фоновое значение. Чем больше времени проходит с начала измерения до начала сигнализации, тем более слабый источник обнаружен.

### 3.8 Подрежим «Н СЧЕТ»

Подрежим «Н СЧЕТ» предназначен для обнаружения источников нейтронов, которые создают скорость счета импульсов нейтронов близкую к фоновому значению.

Работа в подрежиме «Н-СЧЕТ» аналогично подрежиму «СЧЕТ». Перед началом измерения необходимо зафиксировать прибор в неподвижном состоянии и оставить на время 1-2 мин. Если во время измерения возникает тревожная сигнализация, значит, спектрометр обнаружил превышение, которое может быть вызвано слабым источником нейтронов. Чем больше времени проходит с начала измерения до начала сигнализации, тем более слабый источник обнаружен.

В подрежиме «Н СЧЕТ» на экране отображаются следующие величины (рисунок 3.33): отсчет времени в секундах, за которое происходит измерение; сумма зарегистрированных нейтронов в отчетах (cnt), скорость счета нейтрона в отчетах за секунду (cps), фоновая скорость счета в отчетах за секунду (cps), относительно которой происходит обнаружение.



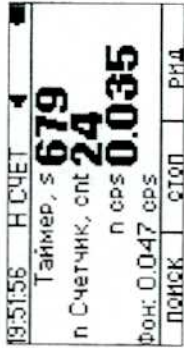


Рисунок 3.33

### 3.9 Режим «ИЗМЕР»

В режиме «ИЗМЕР» (рисунок 3.34) выполняется измерение и индикация мощности дозы гамма-излучения и скорости счета импульсов гамма и нейтронного излучения без перехода в режим идентификации радионуклидов.

Каждые 30 с массив из 30 измерений с дискретностью в 1 с автоматически сохраняется в энергонезависимой памяти (табличный файл с расширением «.tsc2»). При выходе из режима «ИЗМЕР» до истечения 30 с файл «tsc2» не сохраняется. Кроме того, каждые 30 с в файл «.tsc2» сохраняются: дата, время и GPS координаты. В дальнейшем эти данные могут быть переданы на ПК при помощи программы "SpecEx" и обработаны программой "GARIM". Данные, полученные с помощью режима «ИЗМЕР», позволяют провести анализ радиационной обстановки территории, а также изменения радиационной обстановки во времени.

Каждый раз при активации режима «ИЗМЕР» создается новый файл «.tsc2». При необходимости вручную сохранить результаты измерения в произвольный момент времени необходимо воспользоваться функцией «Сохранить значение» из меню режима «ИЗМЕР». При этом будут сохранены результаты измерения, а также сохранен текущий спектр в файл с расширением «.sag». Каждый раз при использовании функции «Сохранить значение» результаты измерения и спектр добавляются в текущие файлы «.tsc2» и «.sag». Файлы «sag» представляют собой архив спектра. При передаче в ПК при помощи программы "SpecEx" из этих файлов извлекаются отдельные спектры и в таком виде сохраняются для дальнейшего анализа.



Рисунок 3.34

В режиме «ИЗМЕР» также отображается диаграмма отклонений текущей скорости счета импульсов от фоновой скорости счета импульсов.

Переход в режим «ПОИСК» осуществляется нажатием кнопки «ПОИСК».

Переход в режим управления GPS-приемником осуществляется нажатием кнопки «GPS».

Измерение фона необходимо для правильного выполнения спектрометром функции поиска гамма-излучающих источников радиации.

**Примечание** – Измеренное значение радиационного фона является общим для режима

«ПОИСК» и режима «ИЗМЕР».

Если в процессе работы потребуется повторно измерить фон, то необходимо нажать кнопку «ФОН», после чего процедура автоматического набора и сохранения фона повторится. Автоматический переход из режима набора фона в режим «ИЗМЕР» осуществляется при достижении статистической погрешности скорости счета гамма-излучения, равной 7%.

### 3.9.1 Меню режима «ИЗМЕР»

Меню представлено на рисунке 3.35.

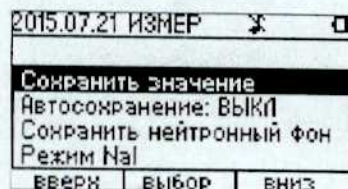


Рисунок 3.35

Функции пунктов меню:

- Сохранить значение - принудительное сохранение массива результатов измерения и спектра гамма-излучения, набранного с момента предыдущего сохранения до текущего момента;
- Автосохранение – включение/выключение режима автоматического сохранения массива результатов измерения и гамма-спектров в память. При включении автосохранения каждые 10 с будет сохраняться спектр гамма-излучения. При выходе из режима «ИЗМЕР» функция «Автосохранение» выключается. В режиме «ИЗМЕР» все спектры сохраняются в файл архива спектров с расширением «.sav». Каждый раз при активации режима «ИЗМЕР» файл архива спектров будет иметь новое имя. Автоматически сохраненные в режиме «ИЗМЕР» файлы можно просматривать только на ПК.
- Сохранить нейтронный фон - сохраняет текущее значение скорости счета импульсов нейтронного излучения в качестве фонового значения, относительно которого выполняется поиск источников нейтронного излучения.
- Режим NaI - позволяет перейти в режим «Режим NaI» (рисунок 3.36), который отображает мощность дозы и скорость счета импульсов гамма-излучения, измеряемые детектором NaI(Tl); скорости счета импульсов нейтронов. Перезапуск процесса непрерывного измерения осуществляется с помощью кнопки «СБРОС». Выход из режима «Режим NaI» осуществляется при выборе пункта меню «Счетчик ГМ»;




Рисунок 3.36

- Режим ГМ. В режиме «Режим ГМ» (рисунок 3.37), отображается мощность дозы и скорость счета импульсов гамма-излучения, измеряемые счетчиком Гейгера-Мюллера, а также скорость счета импульсов, измеряемых счетчиками нейтронов. Перезапуск процесса непрерывного измерения и осуществляется аналогично, как и для режима «Режим NaI». Выход из режима «Режим ГМ» осуществляется при выборе пункта меню «ИЗМЕР»

20:38:44	Режим ГМ	0
У МОЩН. ДОЗЫ	0.057 cps	
<b>0.141</b>	µSv/h	22%
п CPS	9%	
<b>0.032</b>		
ПОИСК	СБРОС	GPS

Рисунок 3.37

В режиме «ИЗМЕР» (особенно при включенной функции «Автосохранение») память спектрометра может переполниться сохраненными данными (появление на экране мигающего символа ) После переполнения памяти данные могут не сохраняться.

### 3.9.2 Режим «GPS»

Спектрометр имеет встроенный GPS-приемник для привязки результатов измерений к географическим координатам местности.

Данные привязки сохраняются в файлы спектров, в файлы скоростей счета и мощности дозы, а также в журнал для дальнейшей передачи в ПК при помощи программы «SpectEx». Эти файлы могут быть обработаны и отображены на карте местности программой «GARM». Обработанные данные могут быть также отображены на карте местности при помощи программы «Google Earth».

Включение GPS-приемника осуществляется нажатием кнопки «ВКЛ». После чего в верхней строке экрана появится символ «GPS» и на экране появятся данные привязки в соответствии с рисунком 3.38.

20:41:11	GPS ВКЛ	0
Общие данные		
Lat=53°54'54.25" N		
Lon=27°35'19.52" E		
Alt=227 Spd=0		
Dir=237 Sats=6 Validity=M		
ПОИСК	ВЫКЛ	СВЯЗЬ

Символ GPS-приемника

Данные достоверны

Рисунок 3.38

Включение GPS-приемника осуществляется нажатием кнопки «ВЫКЛ».

Переход в режим «ПОИСК» осуществляется нажатием кнопки «ПОИСК».

Переход в режим Bluetooth связи осуществляется нажатием кнопки «СВЯЗЬ».

**ВНИМАНИЕ! ПРИ ВКЛЮЧЕНОМ РЕЖИМЕ GPS ВРЕМЯ РАБОТЫ СПЕКТРОМЕТРА ОТ БАТАРЕЙ СУЩЕСТВЕННО СОКРАЩАЕТСЯ!**

### 3.9.3 Меню «GPS»

Выключение GPS-приемника осуществляется выбором пункта «Выключить»

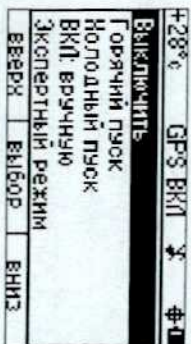



Рисунок 3.39

### 3.9.3.1 Варианты включения GRS-приемника

В спектрометре реализовано два варианта включения GRS-приемника:

- «ВКЛ: вручную» – GRS-приемник всегда необходимо включать вручную. При включении спектрометра GRS-приемник будет в выключенном состоянии;
- «ВКЛ: активно» – GRS-приемник будет включаться автоматически при включении спектрометра.

Выбор нужного варианта включения осуществляется нажатием кнопки «» «ВЫБОР».

### 3.9.3.2 Варианты старта GRS-приемника

Старт GRS-приемника – процесс выхода GRS-приемника на рабочий циклический режим местопредопределения с момента включения питания до момента первого местопредопределения. Для старта GRS-приемник использует:


- данные альманаха – это набор данных об орбитах и работоспособности всех спутников созвездия, передаваемый каждым спутником в его навигационном сообщении. Данные альманаха остаются действительными в памяти GRS-приемника в течение 14 суток, считая от последнего их обновления наземной станцией, и используются для быстрого поиска и «захвата» сигналов спутников непосредственно после включения GRS-приемника;
- исходное местоположение, т. е. приближенные координаты местоположения на момент включения питания;
- системное время, которое содержится в навигационных сообщениях спутников;
- эфемеридные данные – информация, передаваемая спутником в его навигационном сообщении и используемая в GRS-приемнике для вычисления точных координат спутника. Эфемеридные данные остаются действительными в течение одного–двух часов.

В зависимости от полноты и качества перечисленной выше исходной информации в памяти приемника на момент включения питания различают следующие варианты старта GRS-приемника:

- **Горячий пуск** – автоматическое возобновление управляющих и вычислительных процессов в GRS-приемнике после кратковременного выключения питания или кратковременной потери спутниковых сигналов. Например, при проезде туннеля или под листвою деревьев, когда в памяти GRS-приемника вся информация (т. е. альманах, время, координаты предыдущего места и эфемеридные данные) сохраняется полной и достоверной. В этом случае время, необходимое для восстановления слежения за спутниками и первого местопредопределения, составляет от единицы до двух десятков секунд.
- **Холодный пуск** необходимо выполнять, когда питание GRS-приемника отключалось на значительный период времени. Информация, сохранявшаяся в его памяти, оказывается неполной и недостоверной, хотя частично и может быть использована для некоторого ускорения входа в рабочий режим. Время старта

увеличивается до нескольких сотен секунд и зависит от условий приема. Особенностью холодного пуска является требование к неподвижности GPS-приемника во время данной процедуры.

### 3.9.3.3 Экспертный режим GPS-приемника

В экспертном режиме спектрометр может отображать как общие данные от GPS-приемника, так и данные в общеизвестных форматах (GPFGA, GPGSA, GPGSV, GPRMC). Переключение между форматами данных осуществляется нажатием кнопки «».

**ВНИМАНИЕ! ПРИ ВЫБОРЕ ФОРМАТА ДАННЫХ НА ЭКРАНЕ БУДЕТ ПРЕДСТАВЛЕНА ТОЛЬКО КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ПОДДЕРЖИВАЕМАЯ ДАННЫМ ФОРМАТОМ!**

### 3.10 Режим «СВЯЗЬ»

Спектрометр имеет встроенный Bluetooth, обеспечивающий связь с ПК, прием и передачу данных.

Включение/выключение Bluetooth осуществляется нажатием кнопки «ВКЛ»/«ВЫКЛ». После включения в верхней строке экрана появится символ беспроводного соединения в соответствии с рисунком 3.40.

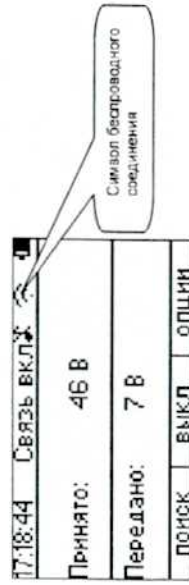


Рисунок 3.40

Объем отправленной и полученной информации будет отображаться на экране. Переход в режим настроек спектрометра осуществляется нажатием кнопки «» («ОПЦИИ»).

Переход в режим «ПОИСК» осуществляется нажатием кнопки «ПОИСК».

#### 3.10.1 Меню «Связь»

В спектрометре реализовано несколько вариантов включения Bluetooth:

- «ВКЛ: ручную» – Bluetooth всегда необходимо включать вручную. При включении спектрометра Bluetooth будет в выключенном состоянии;
- «ВКЛ: активно» – Bluetooth будет включаться автоматически при включении спектрометра.

Выбор нужного варианта включения осуществляется нажатием кнопки «ВЫБОР».

**ВНИМАНИЕ! ПРИ ВКЛЮЧЕНОМ РЕЖИМЕ ВЛУЕТООТН ВРЕМЯ РАБОТЫ СПЕКТРОМЕТРА ОТ БАТАРЕЙ СУЩЕСТВЕННО СОКРАЩАЕТСЯ!**

#### 3.10.2 Режим «ОПЦИИ»

Режим «ОПЦИИ» имеет несколько разделов: Версия, Память, Параметры, Библиотека. Переключение между разделами осуществляется нажатием кнопки «».

Переход в режим «ПОИСК» осуществляется нажатием кнопки «ПОИСК».

Переход в режим журнала спектрометра осуществляется нажатием кнопки «ЖУРНАЛ».

### 3.10.2.1 Версия

Информация о версии спектрометра содержит следующие сведения в соответствии с рисунком 3.41:

- версия встроенного программного обеспечения;
- дата выхода версии программного обеспечения;
- контрольная сумма встроенного программного обеспечения;
- версия аппаратуры;
- тип детектора и его размеры;
- заводской номер спектрометра;
- дата изготовления спектрометра;

В меню раздела «ВЕРСИЯ» можно установить время таймаута подсветки, войти в режим стабилизации спектрометра, настроить часы и календарь, переключить язык интерфейса пользователя, войти в сервисный режим. Сервисный режим – закрытый режим, предназначенный для использования сервисными службами.




Рисунок 3.41

### 3.10.2.2 Память

Информация о памяти спектрометра содержит следующие сведения в соответствии с рисунком 3.42:

- общий объем памяти в кБ;
- объем занятой памяти в кБ;
- объем свободной памяти в %;
- количество хранящихся файлов;
- объем свободной памяти, рассчитанный исходя из количества хранящихся файлов;
- количество файлов спектров;
- количество файлов библиотек радионуклидов;
- количество MS2 файлов (3.9);
- объем файла журнала в кБ;

В меню раздела «ПАМЯТЬ» можно: удалить все файлы спектров; удалить все автоматически созданные файлы спектров; очистить журнал; удалить все MS2 файлы; удалить все SAR файлы.

Рекомендуется регулярно удалять старые файлы, чтобы избежать нехватки памяти для сохранения новых данных. Появление на экране мигающего символа  предупреждает, что свободной памяти осталось менее 3%.

После выбора любого пункта меню раздела «ПАМЯТЬ» появится запрос о подтверждении выбранной операции.

21:05:42	ПАМЯТЬ	↔	□
Память: 943 кВ			
Занято: 612 кВ Свободно: 35%			
Файлов: 126 Свободно: 88%			
Спектр: 2 Бит. нумл: 2			
MIS2 файл: 1 Журнал: 1 кВ			
ПОИСК	ПАРАМ	ЖУРНАЛ	

Рисунок 3.42

### 3.10.2.3 Параметры

Данный раздел содержит следующие сведения о параметрах спектрометра в соответствии с рисунком 3.43:

- период ложных тревог
  - порог безопасности пользователя
  - время идентификации радионуклидного состава источника гамма-излучения
- Исходя из периода ложных тревог рассчитываются поисковые пороги гамма-излучения и нейтронного излучения. Уменьшение периода ложных тревог улучшает способность спектрометра обнаруживать незначительное превышение излучения над фоном. При этом чаще происходят ложные срабатывания тревожной сигнализации.

При превышении порога безопасности пользователя срабатывает сигнализация (звуковая, световая, вибрационная).

19:09:27	ПАРАМ	↔	□
Период лож.тревог: 600 min			
Порог безопасности: 10 nSv/h			
Время идентификации: 60 s			
ПОИСК	БИБЛ	ЖУРНАЛ	

Рисунок 3.43

Изменить эти параметры можно войдя через меню раздела «ПАРАМ» в экспертный режим. Доступ в экспертный режим возможен только после ввода специального пароля, как описано в разделе 3.6.2.

+25°C	ПАРАМ	↔	□
<b>Период лож.тревог</b>			
Порог безопасности			
Время идентификации			
Заводские установки			
ВВЕРХ	ВЫБОР	ВНИЗ	

Рисунок 3.44

В экспертном режиме также можно вернуть измененные пользователем параметры к заводским установкам.

### 3.10.2.4 Библиотека

Информация о библиотеке радионуклидов содержит следующие сведения в соответствии с рисунком 3.45.

- название используемой библиотеки;
  - версия библиотеки;
  - количество радионуклидов в библиотеке.
- В меню раздела «ИБЛ» можно выбрать библиотеку радионуклидов.

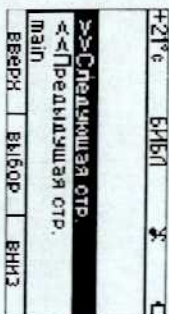


Рисунок 3.45

### 3.10.3 Журнал

Режим «ЖУРНАЛ» предназначен для просмотра журнала спектрометра. Журнал отображается от последней до самой первой хранимой записи. Записи событий состоят из двух строк (см. рисунок 3.46):

- дата (год, месяц, день), время (час, минута, секунда);
  - текстовое представление зафиксированного события.
- Кнопка «СЛЕД» служит для перехода к следующей странице журнала. Кнопка «ПРЕД» служит для перехода к предыдущей странице журнала. Кнопка «ПОИСК» служит для перехода в режим «ПОИСК». Для предотвращения переполнения памяти нужно время от времени проводить очистку журнала в режиме «ОПЦИИ», подрежим «ПАМЯТЬ».

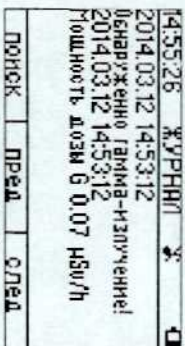


Рисунок 3.46

### 3.10.4 Режим «ВВОД»

Режим «ВВОД» предназначен для ввода числовых или текстовых данных.

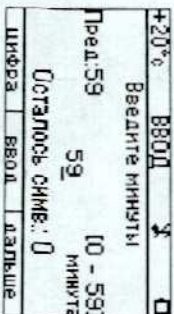


Рисунок 3.47

На экране в первой и во второй строках показано название редактируемого параметра или требование ввода данных.

В строке ниже, в поле «Пред» показано текущее значение редактируемого параметра (только для ввода числовых параметров).



В поле в квадратных скобках показан диапазон вводимого параметра (только для ввода числовых параметров).

В строке ниже показано редактируемое значение и единица измерения.

В последней строке показано количество оставшихся символов для ввода параметра.

Кнопка «ЦИФРА» служит для перехода к следующей цифре от «0» до «9» (только для ввода числовых параметров).

Кнопка «СИМВОЛ» служит для перехода к следующему символу от «a» до «z» и от «0» до «9» (только для ввода текстовых параметров).

Кнопка «ДАЛЬШЕ» служит для перехода к следующему значению.

Кнопка «ВВОД» служит для подтверждения введенного значения.

Кнопка «↵» для отмены ввода.

### 3.10.5 Режим «ИНФО»

Режим инфо служит для отображения важной информации о спектрометре. Он появляется только после включения спектрометра и выполнения самоконтроля при котором обнаружилось недостатки или ошибки. Внимательно изучите информацию режима «ИНФО», т.к. ее появление практически всегда говорит о неработоспособности спектрометра.

#### 4 Особенности эксплуатации

- 4.1 В процессе эксплуатации спектрометра во избежание повреждений необходимо соблюдать осторожность при обращении с ним, тщательно оберегать спектрометр от ударов и падений.
- 4.2 В процессе эксплуатации не подвергать спектрометр температурным ударам. Скорость изменения рабочей температуры не должна превышать 2 °С/мин.
- 4.3 В случае попадания радиоактивной пыли на корпус спектрометра, необходимо удалить ее тканью, смоченной этиловым спиртом. Расход спирта на полную дезактивацию спектрометра при двукратной обработке составляет 100 мл.
- 4.4 При проведении измерений с БДПА-01, БДПБ-01 в режиме измерения плотности потока необходимо соблюдать осторожность во избежание повреждения светозащитных пленок, что ведет к выходу спектрометра из строя. Во всех случаях, кроме непосредственных измерений, на блоках должны быть установлены крышки. Замена поврежденных пленок проводится по требованию согласно инструкции, приложенной в приложении Б или изготовителем.

## 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 комплекта спектрометра в соответствии с требованиями пункта 1.3;
  - 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 пункта 2.3.
- 5.5 Для БДПА-01, БДПБ-01 проводят профилактический осмотр светозащитной пленки. Для этого проверяют фоновую скорость счета в режиме «Измерения плотности потока» при надетых на БД крышках в условиях воздействия естественного радиационного фона менее 0,2 мкЗвч. Увеличение фоновой скорости счета выше значений 0,01 с<sup>-1</sup> для БДПА-01, 10 с<sup>-1</sup> для БДПБ-01 может быть вызвано радиоактивным загрязнением.
- При радиоактивном загрязнении следует провести дезактивацию, погрузив торцевую часть блоков БДПА-01, БДПБ-01 в этиловый спирт на глубину не более 1 см.
- При сомнении в целостности светозащитных пленок провести проверку светозащитности. Для этого после измерения фоновой скорости счета снять с БДПА-01, БДПБ-01 крышки. Установить на расстоянии 40 – 50 см от рабочей поверхности БД лампу накаливания мощностью 40 Вт и включить ее. Войти в режим «Измерение плотности потока» и измерить скорость счета за время не менее 1000 с при дополнительном освещении.
- Светозащитность БД считается удовлетворительной, если увеличение показаний спектрометра при дополнительном освещении не превышает значений, приведенных выше.
- При повреждении пленки необходимо обратиться к изготовителю или провести замену поврежденной пленки самостоятельно согласно инструкции, приведенной в приложении В.

## 6 Поверка

### 6.1 Вводная часть

- 6.1.1 Настоящая методика поверки распространяется на спектрометры МКС-АТ6102 МКС-АТ6102А, МКС-АТ6102В (далее - спектрометры) с датой выпуска, начиная с 01.06.2014.
- Методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки и соответствует ГОСТ 26874-86 «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», ГОСТ 8.355-79 «Радиометры нейтронов. Методы и средства поверки», Методическим указаниям РД 50-458-84 «Дозиметры нейтронного излучения. Методы и средства поверки», Рекомендации МИ 2513-99 «Радиометры нейтронов. Методика поверки на установках типа УКПН (КИС-НРД-МБм)».
- 6.1.2 Первичной поверке подлежат спектрометры, выпускаемые из производства.
- 6.1.3 Периодической поверке подлежат спектрометры утвержденного типа, находящиеся в эксплуатации или на хранении, через межповерочные интервалы. Межповерочный интервал – 12 мес.
- 6.1.4 Внеочередной поверке до окончания срока действия периодической поверки подлежат спектрометры, выходящие из ремонта, влияющего на метрологические характеристики. Внеочередная поверка приборов после ремонта проводится в объеме, установленном в методике поверки для первичной поверки.
- 6.1.5 Поверка спектрометров должна осуществляться юридическими лицами государственной метрологической службы или аккредитованными поверочными лабораториями других юридических лиц.

### 6.2 Операции поверки

- 6.2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 10.

Таблица 10

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	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 проверка 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
3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (мощности амбиентной дозы) гамма-излучения;	6.7.3.4,	Да	Да
	6.7.3.5		
3.5 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения;	6.7.3.6	Да	Да
3.6 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения;	6.7.3.7	Да	Да
3.7 Определение уровня собственного фона спектрометра МКС-АТ6102 с детектором нейтронного излучения;	6.7.3.8	Да	Да
3.8 Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6102 с детектором нейтронного излучения к нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника;	6.7.3.9	Да	Да
3.9 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентной дозы нейтронного излучения	6.7.3.10	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	6.8	Да	Да

### 6.3 Средства поверки

6.3.1 При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 11.

Таблица 11

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип эталонных и вспомогательных поверки	средств	Метрологические и основные технические характеристики
6.7.3.1-6.7.3.5	Эталонные 2-го разряда источники гамма-излучения типа ОСГИ-3. № 46383-11 в Государстве РФ, из радионуклидов $^{241}\text{Am}$ , $^{57}\text{Co}$ , $^{139}\text{Ce}$ , $^{115}\text{Sn}$ , $^{54}\text{Mn}$ , $^{22}\text{Na}$ , $^{89}\text{Y}$ , $^{228}\text{Tl}$ , $^{137}\text{Cs}$	Активность от 3 до 180 кБк Поток фотонов в телесный угол 4π ср от $7 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ Погрешность аттестации по активности не более $\pm 6\%$	
6.7.3.6	Эталонная дозиметрическая установка гамма-излучения по ГОСТ 8.087-2000 с набором источников $^{137}\text{Cs}$	Диапазон измерения мощности кермы в воздухе от 0,025 мкГр/ч до 8,33 мГр/ч. Погрешность аттестации установки не более $\pm 5\%$	
7.3.6	Эталонные 2-го разряда по ГОСТ 8.033-86 источники альфа-излучения с радионуклидом $^{239}\text{Pu}$ типа АП9, БП9, БП9 с площадью рабочей поверхности 40, 100 и 160 см <sup>2</sup> соответственно	Активность от 25 до $4 \cdot 10^5$ Бк Плотность потока от $0,5$ до $10^5 \text{ мин}^{-1} \text{ см}^{-2}$ Погрешность аттестации источников по активности и потоку не более $\pm 6\%$	
6.7.3.7	Эталонные 2-го разряда по ГОСТ 8.033-86 источники бета-излучения с радионуклидом $^{90}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Y}$ типов 4С0, 5С0, 6С0 с площадью рабочей поверхности 40, 100 и 160 см <sup>2</sup> соответственно	Активность от 40 до $2 \cdot 10^5$ Бк Плотность потока от 3 до $5 \cdot 10^5 \text{ мин}^{-1} \text{ см}^{-2}$ Погрешность аттестации источников по активности и потоку не более $\pm 6\%$	
6.7.3.8	Эталонный плутоний-бериллиевый источник быстрых нейтронов по ГОСТ 8.031-82 типа ИБН, применяемый в открытой геометрии или в установках типов УКПН-1, УКПН-1М, КИС-НРД-МБМ	Поток быстрых нейтронов от источника в телесный угол 4π ср от $3 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$ Плотность потока нейтронов на расстоянии 1 м от источника $2,5 - 1000 \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$ . Погрешность аттестации по плотности потока не более $\pm 3\%$	
6.7.3.10	Эталонные 2-го разряда по ГОСТ 8.031-82 поверочные установки типов УКПН-1, УКПН-1М и аналогичные им по метрологическим параметрам с комплектом плутоний-бериллиевых источников быстрых нейтронов типа ИБН при поверке в коллимированном пучке или установке на основе градуировочной линейки с набором аналогичных источников при поверке в открытой геометрии	Диапазон измерений мощности амбиентной дозы нейтронов излучения от 0,5 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч. Погрешность аттестации установки не более $\pm 8\%$	

Продолжение таблицы 11

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип эталонов и вспомогательных средств	Метрологические и основные технические характеристики
6.1	Термометр	Цена деления 1 °С. Диапазон измерения температуры от 10 °С до 40 °С
6.1	Барометр	Цена деления 1 кПа. Диапазон измерения атмосферного давления от 60 до 120 кПа
6.1	Измеритель влажности	Диапазон измерения относительной влажности воздуха от 20 % до 90 %. Погрешность измерения не более ± 5 %
6.1	Дозиметр гамма-излучения	Диапазон измерения внешнего фона от 0,1 до 10 мкЗв/ч. Допускаемая основная относительная погрешность ±20 %
<p>Примечания</p> <p>1 Все средства измерений должны иметь действующие клейма и (или) свидетельство о проведении поверки. Допускается применять другие средства измерений с метрологическими характеристиками не хуже указанных.</p> <p>2 Переход к единицам амбиентной дозы (Зв) от единиц кермы в воздухе (Гр) для гамма-излучения источника <sup>137</sup>Cs осуществляется с помощью коэффициента преобразования, равного 1,20 Зв/Гр.</p>		

#### 6.4 Требования к квалификации поверителей

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

#### 6.5 Требования безопасности

- 6.5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.2.091-2012 для оборудования класса III (степень загрязнения 2, категория монтажа II), а при заряде блока аккумуляторов сетевым адаптером, входящим в комплект поставки спектрометров - для оборудования класса II (степень загрязнения 2, категория монтажа II) по ГОСТ 12.2.091-2012.
- 6.5.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования СанПиН от 30.12.2013 №137, СанПиН от 28.12.2012 №213 и ГН от 28.12.2012 №213.
- 6.5.3 Процесс поверки должен быть отнесен к работе с 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 Перед проведением поверки необходимо:
- а) внимательно ознакомиться с руководством по эксплуатации (далее - РЭ) на спектрометр;
  - б) выдержать спектрометр в укладочном футляре в нормальных условиях в течение 2 ч;
  - в) извлечь составные части спектрометра из укладочного футляра и расположить их на рабочем месте;
  - г) подготовить средства поверки в соответствии с их технической документацией.
- 6.6.3 Поверка спектрометров МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А, МКС-АТ6102В осуществляется при полностью заряженных встроенных аккумуляторах.

## 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 РЭ в объеме, необходимом для поверки;
  - б) наличие свидетельства о предыдущей поверке (при периодической поверке);
  - в) наличие четких маркировочных надписей на корпусе спектрометра и блока детектирования (далее - 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:
- проверку выполнения самоконтроля основных узлов спектрометра в соответствии с разделом 3 РЭ;
  - подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО);
  - проверку светозащищенности блока детектирования альфа-излучения (БДПА-01) и блока детектирования бета-излучения (БДПБ-01).
- 6.7.2.1.1 Подтверждение соответствия ПО проводят идентификацией ПО и проверкой защиты ПО от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов измерения. Проверка соответствия встроенного ПО осуществляется контролем отсутствия сообщений тестов самоконтроля об ошибках и проверкой целостности пломб на устройствах, входящих в комплект поставки спектрометров.
- 6.7.2.1.2 Для идентификации прикладного ПО необходимо:
- а) включить спектрометр и дождаться окончания инициализации;
  - б) перейти в режим «ОПЦИИ»;
  - в) сравнить значение номера версии и контрольной суммы со значениями, приведенными в таблице 12.



Таблица 12

Модификация спектрометра	Наименование ПО	Наименование ПО	Идентификационное ПО	Идентификационный номер ПО	Цифровой идентификатор	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора
МКС-АТ6102	АТ6102М	АТ6102М	1.0ХN*	1.0ХN**	d57103ad	CRC32
МКС-АТ6102А	АТ6102МА	АТ6102МА	1.0АН*	1.0АН**	d558d340	CRC32
МКС-АТ6102В	АТ6102МВ	АТ6102МВ	1.0ВN*	1.0ВN**	d3e71687	CRC32

\* - номер версии ПО, для которой приведен цифровой идентификатор;  
 \*\* - номер версии при копировании ПО, указывается в разделе «Свидетельство о приеме» устройства по эксплуатации и в протоколе поверки при первичной поверке. Значения символов по порядку:  
 1 - базовый номер версии; в - номер подверсии (от 0 до 99); символы X, A, B - модификация прибора; символ Y - версия библиотек радионуклидов [N, S]

6.7.2.1.3 Проверку светозащитности БДПВ-01, БДПВ-01 проводят в следующей последовательности:

- измеряют фоновую скорость счета при снятии с БД крышке за время не менее 1000 с в соответствии с БД лампу нака-
  - устанавливают на расстоянии 40-50 см от рабочей поверхности БД лампу нака-
  - измеряют фоновую скорость счета при снятии с БД крышке за время не менее 1000 с в соответствии с разделом 3 РЭ;
  - устанавливают на расстоянии 40-50 см от рабочей поверхности БД лампу нака-
  - измеряют фоновую скорость счета за время не менее 1000 с при дополнитель-
- ном освещении.
- Светозащитность БД считают удовлетворительной, если фоновая скорость счета спектрометра при дополнительном освещении и без дополнительного освещения не превышает  $0,01 \text{ с}^{-1}$  для БДПВ-01,  $10 \text{ с}^{-1}$  для БДПВ-01.
- Результаты опробования считают удовлетворительными, если спектрометр после прекращения самоконтроля перешел в режим стабилизации, отсутствуют сообщения об ошибках, идентификационные данные ПО соответствуют приведенным в таблице 12, а также светозащитность БДПВ-01, БДПВ-01 является удовлетворительной.

### 6.7.3 Определение метрологических характеристик спектрометров

6.7.3.1

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

а) включают питание спектрометра, выдерживают спектрометр во включенном состоянии в течение времени установления рабочего режима, равного 1 мин;

б) проводят стабилизацию спектрометра, переводят спектрометр в режим «РД» в соответствии с разделом 3 РЭ;

в) устанавливают поочередно эталонные спектрометрические источники гамма-излучения типа ОСН-3, указанные в таблице 13, перед поверхностью корпуса спектрометра симметрично относительно красной точки, обозначенной проекцией центра детектора NaI(Tl) (в топке для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А и на

Таблица 13  
нижней поверхности для МКС-АТ6102В):

Номер источника I	1	2	3	4	5	6	7	8
Радионуклид	$^{137}\text{Cs}$	$^{241}\text{Am}$	$^{60}\text{Co}$	$^{139}\text{Ce}$	$^{113}\text{Sn}$	$^{64}\text{Ni}$	$^{22}\text{Na}$	$^{210}\text{Pb}$
Энергия излучения Е <sub>изл</sub> , кэВ	32,1662	59,5	122	166	392	835	1275	2614

г) иницируют процесс измерения энергетического распределения спектра гамма-излучения для каждого источника. Наблюдают измеримый спектр в каналах. По оси ординат происходит накопление импульсов в каналах спектра. По оси абсцисс спектра нормируется зависимость между значениями энергии регистрируемого гамма-излучения и номерами каналов (характеристика преобразования спектрометра). Позиция подячного маркера (вертикальная черта) на оси абсцисс отображается на экране спектрометра в табличном виде, а именно, после позиции маркера в каналах «сп» значение энергии гамма-излучения в килоэлектронвольтах «keV», иницируется число импульсов по оси ординат в канале, в котором установлен маркер;

д) считывают индицируемое на экране значение скорости счета импульсов от источника гамма-излучения. Она должна находиться в пределах от 250 до 10000 с<sup>-1</sup>. Если это требование не выполняется, то изменяют расстояние между источником и спектрометром и повторяют операции по методике 7.3.1 (в - д);

е) измеряют спектр от источника гамма-излучения до достижения значения интегрального числа импульсов в пике полного поглощения (ППП) не менее 10<sup>4</sup>;

ж) определяют положение центра ППП и измеренное значение энергии гамма-излучения Е<sub>изл</sub>, кэВ, 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 основную относительную погрешность характеристики преобразования ППП спектрометра в процентах по формуле

$$ПХП = \frac{\Delta E_{\text{max}}}{E_{\text{max}}} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $\Delta E_{\text{max}}$  – максимальное значение из рассчитанных разностей  $\Delta E_i = |E_{oi} - E_i|$ ,

$E_{\text{max}} = 3000$  кэВ – верхняя граница диапазона энергий.

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

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

Определение относительного энергетического разрешения проводят в следующей последовательности:

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

б) размещают и фиксируют вплотную к поверхности корпуса спектрометра (в торце для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А и на нижней поверхности для МКС-АТ6102В) эталонный источник гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радио-нуклидом  $^{137}\text{Cs}$  с потоком фотонов в телесный угол 4π ср от 7·10<sup>5</sup> до 2·10<sup>6</sup> с<sup>-1</sup> (активность от 8 до 24 кБк). При этом центр активной части источника должен находиться симметрично относительно красной точки, обозначающей проекцию центра детектора NaI(Tl);

### 6.7.3.2

в) измеряют спектр гамма-излучения от источника типа ОСГИ-3 до достижения интегрального числа импульсов в ППП с энергией 662 кэВ не менее  $2 \cdot 10^4$ , при этом входная статистическая нагрузка должна быть не более  $2000 \text{ с}^{-1}$ . Интегральное число импульсов в ППП определяется согласно разделу 3 РЭ;

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

Результаты поверки считают положительными, если относительное энергетическое разрешение спектрометра не превышает 8,0 % для спектрометров МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А и не превышает 8,5 % для спектрометра МКС-АТ6102В.

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, б);
- б) задают время набора спектра 100 с согласно разделу 3 РЭ;
- в) выполняют операции согласно 6.7.3.2 (б);
- г) измеряют спектр от источника гамма-излучения типа ОСГИ-3 с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  с автоматическим вычитанием фонов спектра. По истечении заданного времени набора 100 с набор спектра будет остановлен;
- д) 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;
- е) определяют левую  $E_L$ , кэВ, и правую  $E_R$ , кэВ, границы ППП по формулам

$$E_L = E - 0.015 \cdot E \cdot R \quad (2)$$

$$E_R = E + 0.015 \cdot E \cdot R \quad (3)$$

где  $E$  и  $R$  – соответственно энергия ППП и относительное энергетическое разрешение, определенное согласно 7.3.3 (д);

ж) устанавливают подвижные маркеры в позиции, примерно соответствующие значениям энергий  $E_L$  и  $E_R$ ;

и) считывают с экрана спектрометра измеренную скорость счета импульсов  $N$  ( $\text{с}^{-1}$ ) в ППП в выделенном энергетическом окне согласно разделу 3 РЭ;

к) удаляют источник гамма-излучения ОСГИ-3 с корпуса спектрометра и измеряют фоновый спектр в течение 100 с, после чего выполняют операцию по 7.3.3 (ж) и считывают с экрана измеренную фоновую скорость счета импульсов  $N_{\text{ф}}$ ,  $\text{с}^{-1}$ , в выделенном энергетическом окне;

л) определяют эффективность регистрации в ППП, %, по формуле

$$\varepsilon = \frac{N - N_{\text{ф}}}{\frac{0,693}{t} \cdot e^{-\lambda_0 t}} \cdot 100, \quad (4)$$

$$A_0 \cdot \eta \cdot e^{-\lambda_0 t/2}$$

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

$\eta = 0,851$  – среднее число фотонов, испускаемых при одном акте распада радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ ;

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

$T_{1/2} = 10964$  сут – период полураспада радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ ;

Результаты поверки считают положительными, если эффективность ретрестрации в ППТ с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  равна

–  $(2,10 \pm 0,42)$  % для спектрометра МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А,  
–  $(2,7 \pm 0,54)$  % для спектрометра МКС-АТ6102В.

#### 6.7.3.4

Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы  $\dot{H}^*(10)$  гамма-излучения (далее – мощности дозы  $\dot{H}$ ) для спектрометров с детектором  $\text{NaI(Tl)}$  проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников  $^{137}\text{Cs}$  в поперечных (контрольных) точках  $H_0$  согласно таблице 14 в следующей последовательности:

а) устанавливают спектрометр на поверхность дозиметрическую установку в направлении градуировки таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила через красную точку, расположенную на поверхности корпуса спектрометра (в торце для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А и на нижней поверхности для МКС-АТ6102В) и обозначающую проекцию центра детектора  $\text{NaI(Tl)}$ ;

б) устанавливают спектрометр в  $i$ -ю контрольную точку на расстоянии  $r_i$  мм от центра источника  $^{137}\text{Cs}$  до соответствующей красной точки на поверхности спектрометра, при этом:

$$r_i = (r_0 - 31) \text{ мм для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А}$$

$$r_i = (r_0 - 37) \text{ мм для МКС-АТ6102В}$$

где  $r_0$  – расстояние (в миллиметрах), соответствующее мощности дозы  $\dot{H}_0^*$  (10) в  $i$ -й контрольной точке по данным метрологической аттестации дозиметрической установки;

в) включают питание спектрометра, проводят стабилизацию спектрометра согласно разделу 3 РЭ, переводят спектрометр в режим «ИЗМЕР», «Режим  $\text{NaI}$ » согласно разделу 3 РЭ;

г) проводят измерение мощности дозы фона  $\dot{H}_{\text{ф}}$  в  $i$ -й контрольной точке со статистической погрешностью, индицируемой на экране спектрометра, не более 5 % (не более 2 % в первой контрольной точке) согласно разделу 3 РЭ;

д) подвергают спектрометр облучению с заданной мощностью дозы  $\dot{H}_0$  и измеряют мощность дозы  $\dot{H}_i$  в  $i$ -й контрольной точке согласно разделу 3 РЭ. Количество измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны соответствовать таблице 14. За результаты измерений мощности дозы принимают средние арифметические значения из трех измерений;

Таблица 14

Номер контрольной точки <i>i</i>	Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_0$	Измерение мощности дозы в контрольной точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\Delta$ , %
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	0,03 мкЗв/ч	3	10	$\pm 20$
2	0,07 мкЗв/ч	3	10	$\pm 20$
3	0,70 мкЗв/ч	3	3	$\pm 20$
4	7,00 мкЗв/ч	3	3	$\pm 20$
5	70,00 мкЗв/ч	3	3	$\pm 20$
6	130,00 мкЗв/ч	3	3	$\pm 20$
7	240,00 мкЗв/ч	3	3	$\pm 20$

## Примечания

1 Измерение в точках 1, 2 проводится только при первичной поверке.

2 Измерение в точке 6 проводится только для МКС-АТ6102В.

3 Измерение в точке 7 проводится только для МКС-АТ6102 и МКС-АТ6102А.

е) определяют в *i*-й контрольной точке значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения  $\Delta$ , %, с вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta = 1,1 \sqrt{\theta_{\text{ин}}^2 + \theta_{\text{изм}}^2}, \quad (5)$$

где  $\theta_{\text{ин}}$  - основная относительная погрешность дозиметрической установки в *i*-й контрольной точке, %, приведенная в свидетельстве о поверке на установку;

$\theta_{\text{изм}}$  - относительная погрешность результата измерения мощности дозы в *i*-й контрольной точке, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_{\text{изм}} = \frac{\dot{H}_i - \dot{H}_{\text{из}} - \dot{H}_{\text{ф}}}{\dot{H}_0} \cdot 100 \quad (6)$$

Примечание - В контрольных точках 5 - 7 значением фона можно пренебречь.

Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности результатов измерения мощности дозы гамма-излучения для всех контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\Delta$ , указанных в таблице 14.

6.7.3.5 Определение основной относительной погрешности измерений мощности дозы гамма-излучения для спектрометра с детектором на основе счетчика Гейгера-Мюллера проводят на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения с набором источников  $^{137}\text{Cs}$  в контрольных точках  $\dot{H}_0$  согласно таблице 15 в следующей последовательности:

а) устанавливают спектрометр на поверочную дозиметрическую установку в направлении градуировки таким образом, чтобы центральная ось пучка излучения проходила через черную точку, расположенную на передней поверхности корпуса спектрометра и обозначающую проекцию центра счетчика Гейгера-Мюллера;

б) устанавливают спектрометр в *i*-ю проверяемую точку на расстоянии  $r$ , мм, от

центра источника  $^{137}\text{Cs}$  до чёрной точки на поверхности спектрометра, при этом

$$r = (r_0 - 25) \text{ мм,}$$

- где  $r_0$  - расстояние, мм, соответствующее мощности дозы  $\dot{H}_0$  в  $i$ -й контрольной точке по данным метрологической аттестации дозиметрической установки;
- в) включают питание спектрометра, переводят спектрометр в режим работы «ИЗМЕР», «Режим ПМ» согласно разделу 3 РЭ;
- г) поверяют спектрометр облучения гамма-излучением с заданной мощностью дозы  $\dot{H}_0$  и измеряют согласно разделу 3 РЭ мощность дозы  $\dot{H}_i$  в  $i$ -й контрольной точке. Статистическая погрешность каждого измерения, индицируемая на экране спектрометра, должна соответствовать таблице 15. За результаты измерения мощности дозы принимают среднее значение из трех измерений;
- д) определяют в  $i$ -й контрольной точке значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения  $\Delta_i$  по 6.7.3.4 (е).

Таблица 15

Номер контрольной точки $i$	Мощность дозы в контрольной точке $\dot{H}_0$	Измерение мощности дозы в контрольной точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\Delta_i$ , %
		число измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	70,0 мЗв/ч	3	2	$\pm 20$
2	0,7 мЗв/ч	3	2	$\pm 20$
3	7,0 мЗв/ч	3	2	$\pm 20$
4	70,0 мЗв/ч	3	2	$\pm 20$

Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности результатов измерения мощности дозы гамма-излучения для всех контрольных точек не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\Delta_i$ , указанных в таблице 15.

- 6.7.3.6 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения для спектрометров с БДПА-01 проводят с использованием эталонных источников альфа-излучения  $^{252}\text{Pu}$  типов 4П9, 5П9 или 6П9 в контрольных точках  $\varphi_{in}$ , приведенных в таблице 16.

Таблица 16

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

Проводят проверку в следующей последовательности:

- подключают БДПА-01 к спектрометру
- включают спектрометр согласно разделу 3 РЭ;
- измеряют фоновую плотность потока с надетой на БДПА-01 крышечкой-фильтром в течение не менее 1000 с, сохраняют фон и переводят спектрометр в режим с автоматическим вычитанием фона согласно разделу 3 РЭ;
- снимают с БДПА-01 крышку-фильтр и устанавливают альфа-источник на расстоянии  $(20 \pm 0.5)$  мм от торцевой поверхности входного окна БДПА-01 до рабочей поверхности альфа-источника
- измеряют плотность потока альфа-излучения  $\varphi_i$  с автоматическим вычитанием фона в  $i$ -й контрольной точке. Количество измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны быть в соответствии с таблицей 16, при этом за результат измерения принимают среднее арифметическое значение из трех измерений;
- определяют в  $i$ -й проверяемой точке значения доверительных границ, основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения  $\Delta_i$ , %, с доверительной вероятностью 0,95 по формуле

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

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

$\theta_{\varphi_i}$  - относительная погрешность измерения плотности потока альфа-излучения в  $i$ -й контрольной точке, %, вычисляемая по формуле

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

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

$\varphi_{oi}$  - плотность потока альфа-излучения с поверхности  $i$ -го эталонного 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  $2\pi$  ср на дату поверки по данным свидетельства о поверке  $i$ -го эталонного источника альфа-излучения, с<sup>-1</sup>;

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

Результаты поверки считают положительными, если во всех контрольных точках значения доверительных границ основной относительной погрешности результата измерения плотности потока альфа-излучения не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\Delta_i$ , указанных в таблице 16.

6.7.3.7 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения для спектрометров с БДПС-01 проводят с использованием эталонных источников бета-излучения  $^{90}\text{Sr}$  +  $^{90}\text{Y}$  типов 4С0, 5С0

или БСО в контрольных точках  $\varphi_{oi}$ , приведенных в таблице 17.

Проводят пазерку в следующей последовательности:

- подключают БДПБ-01 к спектрометру;
- включают питание спектрометра согласно разделу 3 РЭ;
- измеряют фоновую плотность потока с надетой на БДПБ-01 крышечкой-фильтром в течение не менее 1000 с, сохраняют фон и переводят спектрометр в режим с автоматическим вычитанием фона согласно разделу 3 РЭ;
- снимают с БДПБ-01 крышечку-фильтр и устанавливают бета-источник на расстоянии  $(2,0 \pm 0,5)$  мм от торцевой поверхности корпуса входного окна БДПБ-01 до рабочей поверхности бета-источника;
- измеряют плотность потока бета-излучения  $\varphi_i$  с автоматическим вычитанием фона в  $i$ -й контрольной точке. Количество измерений и статистическая погрешность каждого измерения должны быть в соответствии с таблицей 17, при этом за результат измерений принимают среднее арифметическое значение из трёх измерений

Таблица 17

Номер контрольной точки $i$	Плотность потока бета-излучения $\varphi_{oi}$ , мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>	Измерение плотности потока в контрольной точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\Delta$ , %
		количество измерений	статистическая погрешность, %, не более	
1	3 - 10	3	10	±20
2	10 - 102	3	5	±20
3	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>	3	3	±20
4	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup>	3	3	±20
5	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>	3	2	±20
6	10 <sup>5</sup> - 5 · 10 <sup>5</sup>	3	2	±20

е) определяют значения доверительных границ основной относительной погрешности измерения плотности потока бета-излучения  $\Delta$ , % с доверительной вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta = 1,1 \sqrt{\theta_a^2 + \theta_m^2}, \quad (10)$$

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

$\theta_{(pi)}$  - относительная погрешность измерения плотности потока бета-излучения в  $i$ -й контрольной точке, %, вычисляемая по формуле

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

где  $\varphi_i$  - результат измерения плотности потока бета-излучения с поверхности  $i$ -го образцового источника, мин<sup>-1</sup>·см<sup>-2</sup>;



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

$$\varphi_{\beta i} = \frac{0,693 \cdot T_{1/2}}{S_i} \quad (12)$$

где  $N_{0i}$  - значение внешнего бета-излучения  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  в телесный угол  $2\pi$  ср на дату поверки по данным свидетельства о поверке  $i$ -го эталонного 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 4С0, 5С0 и 6С0 соответственно.

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

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

Результаты поверки считают положительными, если во всех контрольных точках значения доверительных границ основной относительной погрешности результата измерения плотности потока бета-излучения не превышают пределов допускаемой основной относительной погрешности  $\Delta$ , указанных в таблице 17.

6.7.3.8 Определение уровня собственного фона спектрометра МКС-АТ6102 с детектором нейтронного излучения проводят в условиях естественного нейтронного фона ( $\sim 0,015 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ) в следующей последовательности:

а) включают питание спектрометра, переводят спектрометр в режим измерения скорости счета импульсов нейтронов (режим «ИЗМЕР») согласно разделу 3 РЭ;

б) измеряют скорость счета импульсов фонового нейтронного излучения  $N_0$ ,  $\text{с}^{-1}$  три раза по 20 мин, согласно разделу 3 РЭ, и вычисляют среднее значение скорости счета нейтронного фона  $\bar{N}_0$ .

Результаты поверки считают положительными, если измеренные значения собственного фона спектрометра  $\bar{N}_0$  находятся в пределах от 0,010 до 0,050  $\text{с}^{-1}$ .

6.7.3.9 Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6102 с детектором нейтронного излучения к прямому нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника проводят в следующей последовательности:

а) выполняют операции согласно 6.7.3.8 (а);

б) в диапазоне расстояний от 50 до 100 см выбирают точку калибровки на расстоянии  $r_0$ , см, от плутоний-бериллиевого источника, в которой обеспечивается плотность потока нейтронного излучения в диапазоне от 5 до 1000  $\text{нейтр}/(\text{с} \cdot \text{см}^2)$ ;

в) устанавливают в выбранную точку спектрометр так, чтобы расстояние от его нижней поверхности до центра источника было равно  $r = [(r_0 - 2,3) \pm 0,2]$  см, при этом линия «центр источника излучения - спектрометр» должна проходить через точку красного цвета, расположенную на нижней поверхности корпуса спектрометра, и перпендикулярно нижней поверхности;

г) согласно разделу 3 РЭ измеряют скорость счета фона  $N_0$  в течение не менее 20 мин;

д) проводят согласно разделу 3 РЭ три измерения скорости счета импульсов  $N$ ,  $\text{с}^{-1}$ , от плутоний-бериллиевого источника до достижения статистической погрешности, индицируемой на экране спектрометра, не более 3 % и вычисляют

среднее значение скорости счета  $\bar{N}$ , с<sup>-1</sup>;

е) определяют чувствительность  $S$  спектрометра (имп.см<sup>2</sup>/нейтр.) по формуле

$$S = \frac{\bar{N} - N_0}{\phi(r_0)} \cdot K, \quad (13)$$

где  $\phi(r_0)$  – плотность потока нейтронного излучения плутоний-бериллиевого источника на расстоянии  $r_0$  на дату измерения по данным свидетельства о поверке источника, нейтр./с.см<sup>2</sup>;

$N_0$  – скорость счета фона, с<sup>-1</sup>;

$b(r_0)$  – коэффициент, учитывающий вклад рассеянного нейтронного излучения;

$K$  – коэффициент, используемый при поверке на установках типа УКПН и обусловленный зависимостью чувствительности нейтронного детектора от энергии нейтронного излучения.

Коэффициент  $K$  равен отношению чувствительности нейтронного детектора при измерениях в открытой геометрии к чувствительности при измерениях на установках УКПН и определяется на конкретной установке УКПН для данного типа нейтронного детектора.

При проведении измерений в открытой геометрии  $K=1$ .

Коэффициент  $b(r_0)$  определяется следующим образом:

1) для открытой геометрии

$$b(r_0) = \frac{N - N_c}{N - N_0}, \quad (14)$$

где  $N$  – скорость счета от нейтронного источника в точке калибровки, с<sup>-1</sup>;

$N_0$  – скорость счета фона, с<sup>-1</sup>;

$N_c$  – скорость счета от нейтронного источника, измеренная с установленным между источником и БД теньвым коллиматором, с<sup>-1</sup>;

2) для установок типа УКПН (КИС-НРД-МБМ) коэффициент  $b(r_0)$  определяется согласно методике, приведенной в рекомендации МИ 2513-99 ГСИ «Радиометры нейтронов. Методика поверки на установках типа УКПН (КИС-НРД-МБМ)».

Значение произведения  $b(r_0) \cdot K$  на расстоянии  $r_0$  для данной установки УКПН определяют по формуле

$$b(r_0) \cdot K = \frac{S_0 \cdot \phi(r_0)}{N - N_0}, \quad (15)$$

где  $S_0$  – чувствительность спектрометра, определенная в условиях открытой геометрии, имп.см<sup>2</sup>/нейтр.

$\phi(r_0)$  – плотность потока нейтронного излучения на расстоянии  $r_0$  для установки УКПН, нейтр./с.см<sup>2</sup>;

$N$  – скорость счета от нейтронного источника в точке калибровки, с<sup>-1</sup>;

$N_0$  – скорость счета фона, с<sup>-1</sup>;

Полученное значение произведения  $b(r_0) \cdot K$  используют при последующих поверках спектрометров типа МКС-АТ6102 на данной установке УКПН.

Результаты поверки считают положительными, если значения чувствительности спектрометра к прямому нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника составляет не менее 0,28 имп.см<sup>2</sup>/нейтр.

6.7.3.10 Определение осевой относительной погрешности измерения мощности амбиентной дозы нейтронного излучения для спектрометра с блоком

детектирования БДКН-03 (БДКН-03) проводят на эталонной дозиметрической установке нейтронного излучения в контрольных точках  $H_{03}$  согласно таблице 18.

Таблица 18

Номер контрольной точки, i	Диапазон мощностей дозы в контрольной точке $H_{03}$ , мкЗв/ч	Число измерений фона в контрольной точке	Измерение мощности дозы в контрольной точке		Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\Delta$ , %
			число измерений	статистическая погрешность измерения, %, не более	
1	0,5 - 1,0	1	3	10	$\pm 20$
2	20 - 100	-	3	3	$\pm 20$
3	$2 \cdot 10^2 - 10^3$	-	3	2	$\pm 20$
4	$2 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^4$	-	3	2	$\pm 20$

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

а) устанавливают БДКН-03 на дозиметрическую установку таким образом, чтобы центральная ось потока излучения проходила на расстоянии 115 мм от переднего торца корпуса блока (рисунок 6.1);

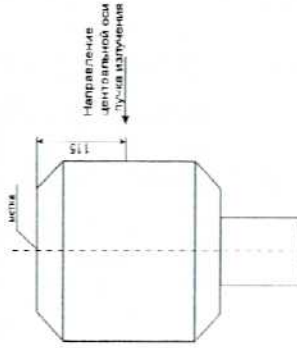


Рисунок 6.1

б) устанавливают расстояние  $r$  от центра источника до эффе́ктивного центра детектора (крестообразная метка на торце корпуса БД) соответствующее плотности потока  $H_{03}$  в  $i$ -й контрольной точке по данным метрологической аттестации установки;

**Примечание** – Для того, чтобы весь объем детектора находился в однородном пучке излучения, расстояние от источника излучения до БД в точках проверки должно быть не менее 0,5 м для установок УКПН и не менее 0,3 м при работе в открытой геометрии;

в) подключают БДКН-03 к спектрометру;

г) включают питание спектрометра и переходят в режим измерения мощности дозы нейтронного излучения с БДКН-03 согласно разделу 3 РЭ;

д) измеряют фоновую мощность дозы нейтронного излучения (фон) в течение

не менее 20 мин.

**Примечание** – Измерение фона проводят при отсутствии нейтронного источника на по-  
верхности установки. Для контрольных точек с мощностью дозы  
20 мкЗв/ч и более фон допускается не учитывать.

е) подвергают ЕД облучению с заданной мощностью дозы  $\dot{H}_0$  и измеряют мощ-  
ность дозы  $\dot{H}_i$  в  $i$ -й контрольной точке согласно разделу 3 РЭ.

Необходимое количество измерений мощности дозы нейтронного излучения в  
каждой точке и статистическая погрешность единичного измерения при довери-  
тельной вероятности 0,95 должны соответствовать таблице 18.

ж) вычисляют значение результата измерения мощности дозы  $\dot{H}_{\Phi i}$  по формуле

$$\dot{H}_{\Phi i} = \bar{\dot{H}}_i - \dot{H}_0, \quad (16)$$

где  $\bar{\dot{H}}_i$  – среднее арифметическое значение результатов измерения мощности  
дозы в  $i$ -й контрольной точке;

$\dot{H}_{\Phi i}$  – результат измерения фона в  $i$ -й контрольной точке;

и) вычисляют значение показаний спектрометра с БДКН-03, обусловленное пря-  
мым излучением по формуле

$$\dot{H}_{пр i} = \dot{H}_{\Phi i} \cdot B(R)_i, \quad (17)$$

где  $B(R)_i$  – коэффициент, учитывающий вклад рассеянного нейтронного излуче-  
ния в показания в  $i$ -й контрольной точке, определенный при поверке эта-  
лонной установки с данным типом блока детектирования (БДКН-03).

Коэффициенты  $B(R)_i$  определяются:

- 1) с помощью метода теневого конуса при поверке в условиях открытой геомет-  
рии;
- 2) согласно МИ 2513-99 «Радиометры нейтронов. Методика поверки на установ-  
ках типа УЖТН (КИС-НРД-МБМ)» при поверке в коллимированном пучке;
- к) определяют в  $i$ -й контрольной точке значения доверительных границ основной  
относительной погрешности измерения  $\Delta_i$ , %, с вероятностью 0,95 по формуле

$$\Delta_i = 1,1 \sqrt{\theta_{ос}^2 + \theta_{ст}^2}, \quad (18)$$

где  $\theta_{ос}$  – основная погрешность дозиметрической установки в  $i$ -й контрольной  
точке, %;

$\theta_{ст}$  – относительная погрешность результата измерения мощности дозы в  $i$ -й  
контрольной точке, %, рассчитанная по формуле

$$\theta_{ст i} = \frac{\dot{H}_{пр i} - \dot{H}_0}{\dot{H}_0}. \quad (19)$$

Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных  
границ основной относительной погрешности результатов измерений мощности  
дозы нейтронного излучения для всех контрольных точек не превышают преде-

пов. Допускаемой основной относительной погрешности  $\Delta$ , указанных в таблице 18.

## 6.8 Оформление результатов поверки

6.8.1 Результаты поверки оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении А.

6.8.2 Положительные результаты поверки оформляют:

- а) при выпуске спектрометра из производства
- записью о поверке в разделе «Свидетельство о приемке» РЗ, заверенной подписью и оттиском поверительного клейма
- нанесением клейма-наклейки на боковую поверхность корпуса спектрометра;
- б) при эксплуатации и выпуске спектрометра после ремонта - нанесением клейма-наклейки и выдачей свидетельства о поверке по форме в соответствии с приложением Г ТКП 8.003-2011.

6.8.3 При отрицательных результатах поверки эксплуатация спектрометров запрещается и выдается заключение о непригодности по форме в соответствии с приложением Д ТКП 8.003-2011. При этом поверительное клеймо подлежит погашению и свидетельство о поверке аннулируется.

## 7 Хранение

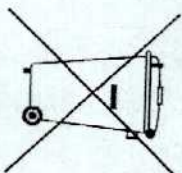
- 7.1 До введения в эксплуатацию спектрометр хранится на складе в упаковке изготовителя при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности до 80 % при температуре 25 °С без конденсации влаги.
- 7.2 Спектрометр без упаковки хранится при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности не более 80 % при температуре 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 15150-89.
- 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 стальной оцинкованной и оцинкованной таре при температуре окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 50 °С и относительной влажности до 100 % при температуре 40 °С.
- 8.2 Упакованный спектрометр должен быть закреплён 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 теллуром, детектор подлежит заглаживанию в полиэтиленовый пакет и возврату изготовителю детекторов для утилизации и обезвреживания токсичного соединения.

При контакте с радиометаллизированным кристаллом необходимо тщательно вымыть руки.

Запрещается поврежденный детектор выбрасывать на свалку, в воду, закапывать в землю.

### 10 Свидетельство о приемке

10.1 Спектрометр МКС-АТ6102

61328

заводской номер

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

Дата изготовления

2018.06.18

год, месяц, число

А. СУДАКОВ

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



Государственная первичная поверка проведена

Дата поверки

2018.06.19

год, месяц, число

Поверитель

*[Handwritten Signature]*

подпись, клеймо



10.2 Сведения для идентификации встроенного ПО (вносятся при первичной поверке)

Таблица 19

Таблица 10.1

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
АТ6102М	АТ6102М	1.24XN	557182e5	CRC32

### 11 Свидетельство об упаковывании

Спектрометр МКС-АТ6102 61328 упакован  
заводской номер

научно-производственным унитарным предприятием "АТОМТЕХ"  
наименование или код предприятия, производящего упаковывание спектрометра согласно  
требованиям, предусмотренным в действующей технической документации.

зав. отделом должность      И.И. Иванов личная подпись      И.И. Иванов расшифровка подписи

2018.06.20  
год, месяц, число



### 12 Свидетельство о вводе в эксплуатацию

Спектрометр МКС-АТ6102 61328  
заводской номер

введен в эксплуатацию 28.09.2018  
дата ввода в эксплуатацию

И. Белоселов  
подпись и фамилия лица, ответственного за эксплуатацию спектрометра





### 13 Гарантии изготовителя

13.1 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 спектрометра не проводится.

13.5 Гарантийный срок эксплуатации продлевается на период от подачи рекламации до повторного ввода спектрометра в эксплуатацию силами изготовителя.

13.6 Гарантийный и после гарантийный ремонт проводит изготовитель.

13.7 Действие гарантийных обязательств прекращается по истечении гарантийного срока эксплуатации.

13.8 Изготовитель обеспечивает сервисное обслуживание своих изделий на договорной основе. По вопросам **сервисного обслуживания** обращаться по адресу:

тел (+375-17) 290-23-11.

E-mail: [repair@atomtex.com](mailto:repair@atomtex.com)

### 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 изготовителю по адресу

Республика Беларусь,

220005, г. Минск, ул. Гикало, 5,

научно-производственное

учитарное предприятие "АТОМТЕХ",

тел (+375-17) 284-51-35.

тел/факс (+375-17) 292-81-42.

E-mail: [info@atomtex.com](mailto:info@atomtex.com)

<http://www.atomtex.com>

14.2 Рекламацию на спектрометр не предъявляют:

а) по истечении гарантийных обязательств;

б) 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  
(рекомендуемое)  
Форма протокола поверки

спектрометра МКС-АТ6102 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:**

самоконтроль \_\_\_\_\_

соответствие ПО \_\_\_\_\_

**Таблица А.1**

Модификация спектрометра	Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
МКС-АТ6102	АТ6102М	АТ6102М			CRC32
МКС-АТ6102А	АТ6102МА	АТ6102МА			CRC32
МКС-АТ6102В	АТ6102МВ	АТ6102МВ			CRC32

**3 Метрологические характеристики**

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

**Таблица А.2**

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения 20-3000 кэВ									
Радионуклид	<sup>137</sup> Cs	<sup>241</sup> Am	<sup>57</sup> Co	<sup>139</sup> Ce	<sup>113</sup> Sn	<sup>56</sup> Mn	<sup>22</sup> Na	<sup>228</sup> Th	
Энергия излучения $E_{\text{из}}$ , кэВ	32	662	59,5	122	166	392	835	1275	2614
Измеренное значение энергии $E_i$ , кэВ									
$\Delta E_i =  E_{\text{из}} - E_i $ , кэВ									
$\Delta E_{\text{max}} =$	кэВ		ПХП (при поверке) =				%	ПХП (по ТУ) $\leq 1$ %	

3.2 Определение относительного энергетического разрешения

**Таблица А.3**

Тип источника гамма-излучения	Измеренное значение относительного разрешения R, %	Значение относительного разрешения (по ТУ) R, %
ОСГИ-3, <sup>137</sup> Cs, активность от 8 до 24 кБк		R $\leq 8,0$ % для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А R $\leq 8,5$ % для МКС-АТ6102В

3.3 Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения с энергией гамма-излучения 662 кэВ радионуклида <sup>137</sup>Cs

Таблица А.4

Тип источника гамма-излучения	Положение центра ППП n, канал	Измеренное значение энергии E, кэВ	Границы ППП E <sub>л</sub> , E <sub>п</sub> , кэВ	Скорость счета импульсов фона N <sub>ф</sub> , с <sup>-1</sup>	Скорость счета импульсов в ППП N, с <sup>-1</sup>	Эффективность регистрации в ППП ε, %	ε, % (по ТУ)
ОСГИ-3			E <sub>л</sub> =				2,10±0,42 <sup>1)</sup>
A <sub>0</sub> = Бк			E <sub>п</sub> =				2,7 ± 0,54 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Для МКС-АТ6102, МКС-АТ6102А.  
<sup>2)</sup> Для МКС-АТ6102В

3.4 Определение основной относительной погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (мощности амбиентной дозы) гамма-излучения

Таблица А.5

Мощность дозы в контрольной точке H <sub>к</sub>	Мощность дозы фона H <sub>ф</sub> , мкЗв/ч	Измеренные значения мощности дозы H <sub>и</sub> , мкЗв/ч	Относительная погрешность измерения мощности дозы в i-й контрольной точке θ <sub>и</sub> , %	Основная относительная погрешность при поверке Δ <sub>и</sub> , %	Пределы допускаемой основной относительной погрешности по ТУ Δ, %
детектор NaI(Tl)					
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					
130,0 мкЗв/ч <sup>2)</sup>					
240 мкЗв/ч <sup>3)</sup>					
Счетчик Гейгера-Мюллера					
70,0 мкЗв/ч					±20
0,7 мЗв/ч					
7,0 мЗв/ч					
70,0 мЗв/ч					

<sup>1)</sup> Измерения проводят только при первичной поверке.  
<sup>2)</sup> Измерения проводят только для МКС-АТ6102В.  
<sup>3)</sup> Измерения проводят только для МКС-АТ6102 и МКС-АТ6102А

3.5 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока альфа-излучения

Блок детектирования зав № \_\_\_\_\_

Таблица А.6

Плотность потока альфа-излучения в контрольной точке $\varphi_{\alpha}$ , мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>	Измеренные значения плотности потока $\varphi$ , мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>	Среднее значение $\bar{\varphi}$ , мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>	Относительная погрешность $\theta_{пр}$ , %	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

Блок детектирования зав № \_\_\_\_\_

Таблица А.7

Плотность потока бета-излучения в контрольной точке $\varphi_{\beta}$ , мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>	Измеренные значения плотности потока $\varphi$ , мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>	Среднее значение $\bar{\varphi}$ , мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup>	Относительная погрешность $\theta_{пр}$ , %	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>					

3.7 Определение уровня собственного фона спектрометра МКС-АТ6102 с детектором нейтронного излучения

Таблица А.8

Измеренные значения скорости счета фона, $N_0$ , с <sup>-1</sup>	Среднее значение уровня собственного фона спектрометра, $\bar{N}_0$ , с <sup>-1</sup>	Значение уровня собственного фона спектрометра по ТУ, с <sup>-1</sup>
		от 0,010 до 0,050

3.8 Определение чувствительности спектрометра МКС-АТ6102 к прямому нейтронному излучению плутоний-бериллиевого источника

Таблица А9

Плотность потока в контрольной точке $\Phi(0)_2$ $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Тип и № источника	Расстояние до источника $L_0, \text{см}$	Значения градиведения, $B(\Gamma_0) \cdot K$	Измеренные значения скорости счета импульсов, $N, \text{с}^{-1}$  Среднее значение $\bar{N}, \text{с}^{-1}$	Значение чувствительности спектрометра $S_0$ имп·см <sup>2</sup> /нейтр	Значение чувствительности спектрометра $S_0$ имп·см <sup>2</sup> /по ТУ нейтр.	Значение чувствительности спектрометра $S_0$ имп·см <sup>2</sup> /по ТУ нейтр. не менее
Фон							
5-1000							

3.9 Определение основной относительной погрешности измерения мощности дозы нейтронного излучения спектрометра с блоком детектирования БДКН-03

Блок детектирования зав № \_\_\_\_\_

Таблица А.10

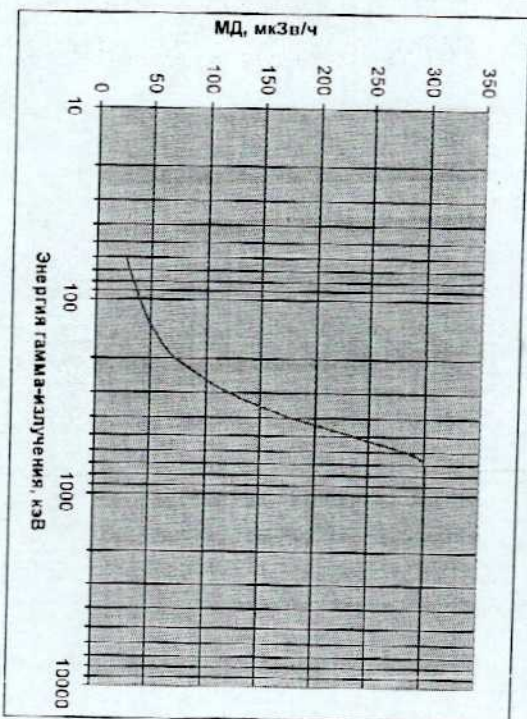
Мощность дозы в контрольной точке $H_{3,0}$ мкЗв/ч	Тип и № источника	Расстояние до источника $L, \text{см}$	Значение коэффициента В(R)	Показания прибора в приемной точке $\bar{H}_{пр}$ мкЗв/ч	Среднее значение показаний прибора $\bar{H}_{пр}$ мкЗв/ч	Результат измерения мощности дозы в контрольной точке $\bar{H}_{пр}$ мкЗв/ч	Относительная погрешность измерения $\theta_{пр}, \%$	Доверительная граница основной погрешности, $\Delta_1, \%$	
								при поверке	по ТУ
фон									
0,5 - 1,0									±20
20 - 100									±20
$2 \cdot 10^2 - 10^3$									±20
$2 \cdot 10^3 - 10^4$									±20

Выводы \_\_\_\_\_

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

Проверку провел \_\_\_\_\_ ( )

**Приложение Б.**  
(справочное)  
**Типовая зависимость верхней границы диапазона измерений мощности дозы для детектора NaI(Tl) от энергии гамма-излучения**





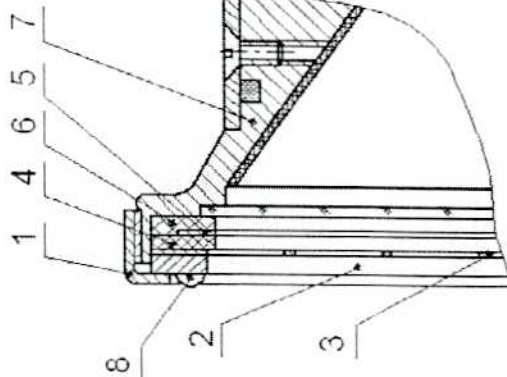
## Приложение В.

(справочное)

### Инструкция по замене поврежденных пленок

#### 1 Блок детектирования альфа-излучения (БДПА-01)

- 1.1 Для замены поврежденной пленки необходимо провести разборку БДПА-01 в соответствии с рисунком В.1.



- 1 – навинтная гайка, 2 – шайба, 3 – сетка, 4 – прокладка резиновая гладкая, 5 – светозащитная металлизированная пленка, 6 – прокладка резиновая с понижением, 7 – корпус БДПА-01, 8 – ножка самоклеющаяся.

Рисунок В.1

Разборку БДПА-01 провести в следующей последовательности.

Снять самоклеющиеся ножки. Отвинтить навинтную гайку (1) с корпуса БДПА-01 (7) (проти часовой стрелки), при этом БДПА-01 держат за среднюю часть корпуса.

Аккуратно извлечь из корпуса детали в следующей последовательности: шайбу (2), сетку (3), прокладку резиновую гладкую (4), поврежденную светозащитную металлизированную пленку (5), резиновую прокладку с понижением (6).

1.2 Извлечь из специального футляра запасную светозащитную пленку с маркировкой зеленого цвета.

**ВНИМАНИЕ!** При работе со светозащитной пленкой не допускается прикосновение руками к защитному экрану. Пленку необходимо брать только за кольцо на которое она наклеена. Запасную пленку хранить только в специальном футляре.

1.3 Провести сборку БДПА-01 с новой светозащитной пленкой в следующей последовательности.

Вложить в корпус БДПА-01 резиновую прокладку понижением вверх. Светозащитную пленку ровно уложить в понижение резиновой прокладки (6), при этом маркировка зеленого цвета на светозащитной пленке должна быть сверху.

Положить на светозащитную пленку гладкую резиновую прокладку (4), а на нее – сетку (3) и шайбу (2). Все детали необходимо укладывать ровно без перекосов.

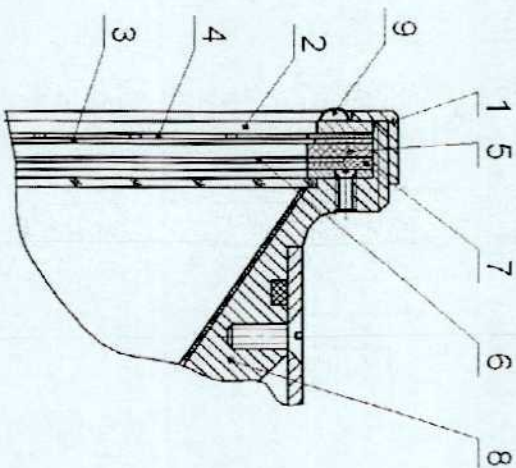
Навинтить на корпус БДПА-01 на каждую гайку (1) так, чтобы она плотно прижала все детали. При закручивании гайки необходимо следить за тем, чтобы шайба (2) не выскочила из корпуса (7). Установить самоклеющиеся ножки на поверхность шайбы (2).

1.4 После замены светозащитной пленки необходимо выдержать собранный БДПА-01 в течение 24 ч с целью обеспечения затухания фосфоресценции детектора  $ZnS(Ag)$ , входного окна и фотокатода ФЭУ, подвергшихся воздействию света при разборке-сборке БДПА-01.

1.5 Провести проверку светозащиты БДПА-01 по методике пункта 5.5.

## 2 Блок детектирования бета-излучения (БДПБ-01)

2.1 Для замены поврежденных пленок необходимо провести разборку БДПБ-01 в соответствии с рисунком В.2.



- 1 – накидная гайка, 2 – шайба, 3 – защитная прозрачная пленка, 4 – сетка,  
5 – прокладка резиновая гладкая, 6 – светозащитная металлизированная пленка,  
7 – прокладка резиновая с понижением, 8 – корпус БДПБ-01, 9 – ножка самоклеющаяся.

Рисунок В.2

Провести разборку БДПБ-01 в следующей последовательности.

Снять самоклеющиеся ножки. Отвинтить накидную гайку (1) с корпуса БДПБ-01 (9) (против часовой стрелки), при этом БДПБ-01 держать за среднюю часть корпуса.

Аккуратно извлечь из корпуса детали в следующей последовательности: шайбу (2), защитную прозрачную пленку (3), сетку (4), прокладку резиновую гладкую (5), светозащитную металлизированную пленку (6), резиновую прокладку с понижением (7).

2.2 Извлечь из специального футляра запасные пленки с маркировкой красного цвета.

**ВНИМАНИЕ!** При работе с пленками не допускается прикасаться руками к защитному экрану. Пленку необходимо брать только за кольцо, на которое она наклеена. Запасные пленки хранить только в специальном футляре.

2.3 Провести сборку БДПБ-01 с новыми пленками в следующей последовательности.

Вложить в корпус БДПБ-01 резиновую прокладку понижением вверх. Светозащитную пленку ровно уложить в понижение резиновой прокладки (7), при этом маркировка красного цвета на светозащитной пленке должна быть сверху.

Положить на светозащитную пленку гладкую резиновую прокладку (5), а на нее – сетку (4). Затем на сетку положить защитную прозрачную пленку (3) маркировкой красного цвета вверх и шайбу (2).

Далее навинтить на корпус БДПБ-01 накидную гайку (1) так, чтобы она плотно прижала все детали. При закручивании гайки необходимо следить за тем, чтобы шайба (2) не выскочила из корпуса (8). Установить самоклеющиеся ножки на поверхность шайбы (2).

2.4 После замены пленок необходимо выдержать собранный БДПБ-01 в течение 24 ч с целью обеспечения затухания фосфоресценции входного окна и фотокатода ФЭУ, подвергшихся воздействию света при разборке-сборке БДПБ-01.

Провести проверку светозащиты БДПБ-01 по методике пункта 5.5.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

# СВИДЕТЕЛЬСТВО

об утверждении типа средств измерений

ВУ.С.38.999.А № 58455

Срок действия до 14 апреля 2020 г.

НАИМЕНОВАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ  
Спектрометры МКС-АТ6102

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Научно-производственное унитарное предприятие "АТОМТЕХ"  
(УП "АТОМТЕХ"), г. Минск, Республика Беларусь

РЕГИСТРАЦИОННЫЙ № 44235-15

ДОКУМЕНТЫ НА ЛЮБЫЙ

МРБ МЛ 1892-2009 изменение "1" для спектрометров с датой выпуска до  
01.06.2014 г.;

МРБ МЛ 1892-2009 изменение "2" для спектрометров с датой выпуска после  
01.06.2014 г.

ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ПОВЕРКАМИ 1 год

Тип средства измерений утвержден приказом Федерального агентства по  
техническому регулированию и метрологии от 14 апреля 2015 г. № 444

Описание типа средств измерений является обязательным приложением  
к настоящему свидетельству.

Заместитель Руководителя  
Федерального агентства

С.С. Голубев

..... 2015 г.



Серия СИ

№ 019886