

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Радиометры – спектрометры универсальные портативные «МКС-А»

Назначение средства измерений

Радиометры-спектрометры универсальные портативные «МКС-А» (далее по тексту – радиометры) включают в себя две модификации: МКС-А02 и МКС-А03 с различными вариантами исполнения

Радиометры предназначены: для поиска (обнаружение, локализация) радиоактивных материалов; измерения количественных характеристик ядерных излучений по альфа-, бета-, гамма- и нейтронному каналам, для идентификации гамма-излучающих радионуклидов путем обработки гамма-спектров; для хранения измеренных гамма-спектров для их возможной обработки на компьютере. Радиометры позволяют проводить измерения плотности потока альфа-, бета излучения, мощности амбиентного эквивалента дозы гамма- и нейтронного излучения.

Описание средства измерений

В основу работы радиометров по гамма-каналу положен принцип преобразования энергии гамма-квантов в чувствительном объеме сцинтилляционного детектора в электрические импульсы пропорциональной амплитуды с последующей их регистрацией и анализом многоканальным амплитудным анализатором. Гамма-спектр является исходной информацией для идентификации гамма-излучающих радионуклидов, а также для расчета мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения. Радиометры также могут иметь два встроенных детектора на ^3He -трубках для регистрации нейтронного излучения и внешний полупроводниковый детектор для регистрации альфа и бета излучения.

Радиометры предназначены для эксплуатации в лабораторных и полевых условиях. Условия эксплуатации радиометра соответствуют группе В2а ГОСТ 27451-87 с расширением диапазона в сторону низких температур до минус 20 °С, относительной влажности до 95 % при температуре окружающего воздуха 35 °С. По устойчивости к воздействию вибрации радиометры соответствуют группе исполнения L3 ГОСТ 27451-87.

Радиометры выпускаются в различных исполнениях. Обозначения радиометров в соответствии с вариантами исполнения приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование и условное обозначение	Обозначение	Характеристика варианта исполнения по типу детекторов
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А02-1М	ДЦКИ.411168.007	<u>Встроенные:</u> - сцинтилляционный гамма- детектор; - нейтронный детектор. <u>Выносной:</u> - альфа-бета-детектор БДС-АБ1.
Радиометр-спектрометр универсальный	ДЦКИ.411168.008	<u>Встроенный:</u> - сцинтилляционный гамма- детектор. <u>Выносной:</u>

Наименование и условное обозначение	Обозначение	Характеристика варианта исполнения по типу детекторов
портативный МКС-А02-2М		- альфа-бета-детектор БДС-АБ1.
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС- А02-3	ДЦКИ.411168.004	<u>Встроенные:</u> - <u>сцинтилляционный гамма- детектор;</u> - <u>нейтронный детектор.</u>
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС- А02-4	ДЦКИ.411168.005	<u>Встроенный:</u> - сцинтилляционный гамма- детектор.
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А03-1 (МКС-А03-1Н)	ДЦКИ.411168.009 (ДЦКИ.411168.009-04)	<u>Встроенные:</u> - сцинтилляционный гамма- детектор; - гамма-детектор на основе счетчика Гейгера- Мюллера; - нейтронный детектор. <u>Выносные:</u> - альфа-бета детектор БДС-АБ2 для МКС-А03-1 - детектор БДН-06М для МКС-А03-1Н
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А03-1Е (МКС-А03-1ЕН) (МКС-А03-1ЕН)	ДЦКИ.411168.009-08 (ДЦКИ.411168.009-09)	<u>Встроенные:</u> - сцинтилляционный гамма- детектор; - гамма-детектор на основе счетчика Гейгера- Мюллера; - нейтронный детектор в экспортном исполнении. <u>Выносные:</u> - альфа-бета детектор БДС-АБ2 для МКС-А03-1Е - детектор БДН-06М для МКС-А03-1ЕН
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А03-2 (МКС-А03-2Н)	ДЦКИ.411168.009-01 (ДЦКИ.411168.009-05)	<u>Встроенные:</u> - сцинтилляционный гамма- детектор; - гамма-детектор на основе счетчика Гейгера- Мюллера; <u>Выносные:</u> - альфа-бета детектор БДС-АБ2 для МКС-А03-2 - детектор БДН-06М для МКС-А03-2Н
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А03-3 (МКС-А03-3Н)	<u>ДЦКИ.411168.009-02</u> <u>(ДЦКИ.411168.009-06)</u>	<u>Встроенные:</u> - сцинтилляционный гамма- детектор; - гамма-детектор на основе счетчика Гейгера- Мюллера; - нейтронный детектор. <u>Выносной:</u> - <u>детектор БДН-06М для МКС-А03-3Н</u>

Наименование и условное обозначение	Обозначение	Характеристика варианта исполнения по типу детекторов
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А03-3Е (МКС-А03-3ЕН)	ДЦКИ.411168.009-10 (ДЦКИ.411168.009-11)	<u>Встроенные:</u> - сцинтилляционный гамма- детектор; - гамма-детектор на основе счетчика Гейгера- Мюллера; - нейтронный детектор в экспортном исполнении. <u>Выносной:</u> - детектор БДН-06М для МКС-А03-3Н.
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А03-4 (МКС-А03-4Н)	ДЦКИ.411168.009-03 (ДЦКИ.411168.009-07)	<u>Встроенные:</u> - сцинтилляционный гамма-детектор; - гамма-детектор на основе счетчика Гейгера- Мюллера; <u>Выносной:</u> - детектор БДН-06М для МКС-А03-4Н
Примечание - Возможна комплектация радиометра блоком детектирования нейтронного излучения БДН-06М с дополнением к условному обозначению радиометра буквы «Н», например: «МКС-А02-1Н, МКС-А03-1Н» и т. д.		

Гамма-канал состоит из сцинтилляционного детектора, фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), усилителя-формирователя, управляемого высоковольтного преобразователя, светодиодной системы стабилизации. Сцинтилляционный детектор выполнен на основе кристалла NaI(Tl). Световые вспышки, образующиеся в кристалле при прохождении ядерного излучения, регистрируются ФЭУ, усиливаются, формируются и подаются на вход амплитудно-цифрового преобразователя (АЦП). АЦП взаимодействует с микропроцессорной системой, в энергонезависимой памяти которой формируется спектр регистрируемого излучения.

Стабилизация гамма-канала осуществляется по реперному пику, образующемуся в гамма-спектре при засветке ФЭУ световыми импульсами от специального светодиода.

Нейтронный канал содержит два детектора в виде трубок с газом He-3 под давлением 8 атмосфер, помещенных в замедлитель из полиэтилена. Один из детекторов закрыт экраном из кадмия. Детекторы работают в пропорциональном режиме. Сигналы с детекторов отдельно усиливаются, дискриминируются и поступают на счетчики микропроцессора. В радиометрах предусмотрена возможность подключения внешнего детектора нейтронного излучения.

Предусмотрена работа радиометра в трех основных режимах: спектрометрическом, поисковом и радиометрическом.

В спектрометрическом режиме радиометры позволяют осуществлять накопление гамма-спектров, выводить полученные спектры на жидкокристаллический дисплей, выполнять энергетическую калибровку, идентификацию изотопов и другие функции по обработке спектров предусмотренные программой, занесенной в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ).

В поисковом режиме радиометры фиксируют превышение скорости счета в заданных энергетических диапазонах гамма- спектра, а также по нейтронному каналу над соответствующими фоновыми значениями с учетом статистической значимости получаемых величин. Превышение индицируется на жидкокристаллическом дисплее, подтверждается светодиодным индикатором и звуковым сигналом.

В радиометрическом режиме производится подсчет мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения с помощью программы пересчета спектр-доза, хранящейся в ПЗУ прибора. Подсчет плотности потока и МАЭД нейтронного излучения производится микроконтроллером прибора путем деления набранной за определенное время счетной информации на соответствующие калибровочные коэффициенты. Для определения величин

плотностей потоков альфа- и бета-излучения используется детектор БДС-АБ2. Разделение альфа- и бета каналов производится путем амплитудной дискриминации и по форме импульса. Подсчет плотностей потоков альфа- и бета- излучения производится путем обработки спектра, накопленного от детектора при помощи программы пересчета, хранящейся в ПЗУ прибора путем умножения интегрального счета по соответствующему каналу на калибровочные коэффициенты, хранящиеся в энергонезависимой памяти прибора.

Через стандартный последовательный порт RS-232 возможен обмен данными с компьютером и управление радиометром.

Питание радиометра производится как от встроенных аккумуляторов, так и от сети переменного тока (110...240 В, 50...60 Гц) через прилагаемый адаптер. Этот же адаптер используется для зарядки аккумуляторов.

Внешний вид радиометра в максимальной комплектации и места опломбирования представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид радиометра

Программное обеспечение

Идентификационные данные программного обеспечения (ПО) приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО: 1. Встроенное программное обеспечение	ДЦКИ.00081-01-программа установки ПО «МКС-А03»
2. Встроенное программное обеспечение	ДЦКИ.00081-01-программа установки ПО «МКС-А03»
3. Внешнее программное обеспечение, сервисная программа	ДЦКИ.00084-01
Номер версии (идентификационный номер) ПО 1 .	Файл AS_1_07_ru.exe версия 1.07
2 .	Файл AS_1_10_ru.exe версия 1.13
3 .	МКС Manager, версия 2.2
Цифровой идентификатор ПО	-

При комплектации ПО с номером версии выше указанного в таблице 2 в сопроводительной документации должны быть указаны идентификационные данные ПО для последующего метрологического обслуживания.

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений в соответствии с Р50.2.077-2014 – высокий.

Метрологические и технические характеристики

Радиометр должен обеспечивать измерение характеристик, приведенных в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Условное обозначение	Измеряемая характеристика				
	Плотность потока альфа-частиц	Плотность потока бета-частиц	МАЭД гамма-излучения	МАЭД нейтронного излучения от источника $^{239}\text{Pu}-\alpha\text{-Be}$	МАЭД нейтронного излучения в диапазоне энергий от $1\cdot 10^{-3}$ до 14 МэВ
МКС-А02-1М	+	+	+	+	-
МКС-А02-2М	+	+	+	-	-
МКС-А02-3	-	-	+	+	-
МКС-А02-4	-	-	+	-	-
МКС-А03-1	+	+	+	+	-
МКС-А03-1Е	+	+	+	+	-
МКС-А03-2	+	+	+	-	-
МКС-А03-3	-	-	+	+	-
МКС-А03-3Е	-	-	+	+	-
МКС-А03-4	-	-	+	-	-
МКС-А03-1Н	+	+	+	+	+
МКС-А03-1ЕН	+	+	+	+	+
МКС-А03-2Н	+	+	+	-	+
МКС-А03-3Н	-	-	+	+	+

МКС-А03-3ЕН	-	-	+	+	+
МКС-А03-4Н	-	-	+	-	+
МКС-А03-4Н	-	-	+	-	+

Примечание - Знаком “+” отмечены характеристики, измеряемые радиометром в данном исполнении. Знаком “-” отмечены характеристики, не измеряемые радиометром в данном исполнении.

Диапазон измерения, диапазон энергий и предельные значения основной относительной погрешности радиометров для каждого вида ионизирующего излучения должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 4.

Т а б л и ц а 4

Вид излучения (Тип детектора)	Измеряемая характеристика	Диапазон измерения	Диапазон энергий регистрируемого излучения или нуклид	Предел допускаемой основной относительной погрешности, % ¹⁾
Альфа (БДС-АБ1, БДС-АБ2)	Плотность потока, см ⁻² мин ⁻¹	от 1 до 10 ¹ от 10 ¹ до 5×10 ³	от 3 до 10 МэВ	±40 ±20
Бета (БДС-АБ1, БДС-АБ2)	Плотность потока, см ⁻² мин ⁻¹	от 2 до 2×10 ¹ от 2×10 ¹ до 5×10 ³	от 0,3 до 3 МэВ макс. значения энергий бета-спектра	±40 ±20
Гамма (сцинтилляци- онный детектор МКС-А02)	МАЭД, мкЗв/ч	от 0,1 до 10 от 0,1 до 100	от 0,05 до 0,3 МэВ от 0,3 до 3 МэВ	±20
Гамма (сцинтилляци- онный детектор МКС-А03 и детектор на основе счетчика Гейгера- Мюллера)	МАЭД, мкЗв/ч	от 0,1 до 10 от 0,1 до 100 от 100 до 1×10 ⁴	от 0,05 до 0,3 МэВ от 0,3 до 3 МэВ от 0,05 до 3 МэВ	±20 ±20 ±30
Нейтронное излучение (встроенный детектор)	МАЭД, мкЗв/ч	от 1 до 10 ³	Источник ²³⁹ Pu-α-Be	±[40+20/ $\dot{H} \times (10)$] ²⁾
Нейтронное излучение (встроенный детектор в экспортном исполнении)	МАЭД, мкЗв/ч	от 1 до 10 ³	Источник ²³⁹ Pu-α-Be	±[40+20/ $\dot{H} \times (10)$] ²⁾

Вид излучения (Тип детектора)	Измеряемая характеристика	Диапазон измерения	Диапазон энергий регистрируемого излучения или нуклид	Предел допускаемой основной относительной погрешности, % ¹⁾
Нейтронное излучение (детектор БДН-06М)	МАЭД, мкЗв/ч	от 0,1 до 1×10^4	от 1×10^{-3} до 14	$\pm [30 + 20 / \dot{N} \times (10)]$ ²⁾
Примечание: ¹⁾ $\dot{N} \times (10)$ - измеренное значение МАЭД в мкЗв/ч ²⁾ При измерении по Pu- α -Be источнику				

В режиме спектрометра радиометры позволяют получать статистическое распределение зарегистрированных гамма-квантов в энергетическом диапазоне (спектр) и проводить идентификацию гамма-излучающих радионуклидов в соответствии с хранящейся во внутренней памяти библиотекой радионуклидов, которая может редактироваться и записываться в прибор через внешний IBM-совместимый компьютер.

Значения минимальных обнаруживаемых радиометром активностей источников гамма-излучения в поисковом режиме с вероятностью 0,5 при доверительной вероятности 95 %, при интенсивности фона не более 25 мкР/ч., на расстоянии 0,2 м, при движении прибора со скоростью $(0,5 \pm 0,05)$ м/с, должен соответствовать данным, указанным в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

Источник излучения	Минимальная обнаруживаемая активность источника, кБк (мкКи)
¹³³ Ba	55 (1,5) ± 20
¹³⁷ Cs	100 (2,7) ± 20
⁶⁰ Co	50 (1,35) ± 20

Значение минимально обнаруживаемого радиометрами (кроме радиометров со встроенным нейтронным детектором в экспортном исполнении) потока нейтронов от источника нейтронного излучения Cf-252 в поисковом режиме, с вероятностью 0,5 при доверительной вероятности 95 % на расстоянии 0,2 м за время экспозиции 1 с составляет не более $(2 \times 10^4 \pm 20\%) \text{ с}^{-1}$.

Значение минимально обнаруживаемого радиометрами со встроенным нейтронным детектором в экспортном исполнении (МКС-А03-1Е, МКС-А03-3Е) потока нейтронов от источника нейтронного излучения Cf-252 в поисковом режиме, с вероятностью 0,9 при доверительной вероятности 95 % на расстоянии 0,2 м за время экспозиции 5с составляет не более $(2 \times 10^4 \pm 30\%) \text{ с}^{-1}$.

Радиометры с детектором БДН-06М должны иметь чувствительность к нейтронному излучению не менее 0,4 (имп/с)/(мкЗв/ч). Энергетическая зависимость чувствительности для набора типовых спектров (спектр Pu- α -Be, ²⁵²Cf, спектры этих источников, размещенных в контейнере-коллиматоре установки УКПН-1М, спектры рассеянного в помещении излучения радионуклидных источников) не должна превышать значение ± 40 %.

Частота ложных срабатываний радиометров в режиме «Поиск / м. дозы»- не более одного ложного срабатывания:

- за 1 мин непрерывной работы радиометров по гамма-каналу;
- за 10 минут непрерывной работы радиометров по нейтронному каналу;

- за 1 час непрерывной работы по нейтронному каналу для радиометров с встроенным нейтронным детектором в экспортном исполнении.

Относительное энергетическое разрешение радиометра-спектрометра по линии гамма-излучения с энергией 662 кэВ (Cs-137), %, не более 8

Диапазон регистрируемых энергий гамма спектра, МэВ	от 0,050 до 3
Интегральная нелинейность спектрометра, %	±1
Максимальная входная статистическая загрузка по гамма каналу, имп/с, не более	5×10 ⁴
Число каналов АЦП	1024
Количество сохраняемых 1024-канальных спектров, не менее	100
Температурная нестабильность характеристики преобразования, не более, %/°С	0,1
Время непрерывной работы от встроенных аккумуляторов, ч, не менее	16
Время установления рабочего режима:	
- при работе в режиме идентификации, мин, не более	30
- при работе в остальных режимах, мин, не более	2
Диапазон рабочих температур, °С	от минус 20 до плюс 50
Потребляемая мощность от сети, В·А, не более	15
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	10 000

Габаритные размеры МКС-А и масса составных частей приведены в таблице 6.

Т а б л и ц а 6

Условное обозначение	Габаритные размеры, мм, не более (длина×ширина×высота/диаметр×высота)	Масса, кг, не более
МКС-А02	310 × 160 × 135	3,6
МКС-А03	280 × 130 × 181	3
Адаптер сетевой	60 × 160 × 40	0,5
БДС-АБ1	350 × 160 × 80	1
БДС-АБ2	250 × 110 × 180	0,7
БДН-06М	Ø234 × 284	6,1
Устройство калибровочное (Th-232)	Ø60 × 20	0,078
Устройство зарядки и калибровки	297 × 138 × 92	1,1

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится графически или специальным штампом на титульные листы эксплуатационной документации и методом сеткографии или путем наклеивания шильдика на корпус радиометра.

Комплектность средства измерений

В комплект поставки радиометра (согласно вариантов исполнения) входят устройства, изделия и эксплуатационная документация, указанные в таблице 7.

Т а б л и ц а 7

Наименование	Обозначение	Количество на исполнение МКС-А02-				Количество на исполнение МКС-А03-			
		1М	2М	3	4	1	2	3	4
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А02 (с комплектом аккумуляторов)	См. таблицу 1.1	1	1	1	1	-	-	-	-
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А03	См. таблицу 1.1	-	-	-	-	1	1	1	1
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А03 (с нейтронным каналом экспортного исполнения)	См. таблицу 1.1	-	-	-	-	1	-	-	1
Блок детектирования БДС-АБ1	ДЦКИ.418241.004	1	1	-	-	-	-	-	-
Блок детектирования БДС-АБ2	ДЦКИ.418241.006	-	-	-	-	1	1	-	-
Блок детектирования нейтронного излучения БДН-06М ¹⁾	ДЦКИ.418252.004	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾
Адаптер сетевой SA-3104	-	1	1	1	1	-	-	-	-
Адаптер сетевой	ДЦКИ.436234.053	-	-	-	-	1	1	1	1
Устройство калибровочное ²⁾	ДЦКИ.418234.001	1	1	1	1	-	-	-	-
Устройство зарядки и калибровки	ДЦКИ.436434.001	-	-	-	-	1	1	1	1
Сумка для переноски	-	1	1	1	1	1	1	1	1
Кабель интерфейсный RS-232	ДЦКИ.685621.077	1	1	1	1	1	1	1	1
Комплект эксплуатационных документов согласно ведомости ДЦКИ.411168.002 ВЭ	-	1	1	1	1	-	-	-	-
Ведомость эксплуатационных документов	ДЦКИ.411168.002 ВЭ	1	1	1	1	-	-	-	-
Комплект эксплуатационных документов согласно ведомости ДЦКИ.411168.009 ВЭ	-	-	-	-	-	1	1	1	1
Ведомость эксплуатационных документов	ДЦКИ.411168.009 ВЭ	-	-	-	-	1	1	1	1

Комплект программного обеспечения для компьютера на носителе данных	-	1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Примечание:

1) Блок детектирования БДН-06М входит в комплект поставки радиометров с условными обозначениями согласно примечанию к таблице 1.

2) Устройство калибровочное ДЦКИ.418234.001 поставляется по согласованию с заказчиком в соответствии с картой заказа или договором на поставку.

3) Для работы внешнего программного обеспечения требуется РС-совместимый компьютер, оснащенный стандартным последовательным портом. Операционная система: WINDOWS-98/ME/2000/XP

Сведения о методиках(методах) измерений

Сведения о методиках/методах измерений изложены в разделе 3 «Использование радиометра» руководств по эксплуатации ДЦКИ.411168.002 РЭ и ДЦКИ. 411168.009 РЭ.

Нормативные документы

ГОСТ 8.033-2023 Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников;

ГОСТ 8.070-214 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы, эквивалентна дозы и мощности эквивалента дозы фотонного и электронного излучений;

ГОСТ 27451-87 Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия;

ГОСТ 26874-86 Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерений основных параметров;

ГОСТ 28271-89 Приборы радиометрические и дозиметрические. Общие технические требования и методы испытаний;

СанПиН 2.6.1.2523-09 (НРБ-99/2009) Нормы радиационной безопасности;

СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99/2010) Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности;

ДЦКИ.411168.002 ТУ Радиометры-спектрометры универсальные портативные «МКС-А». Технические условия.

Правообладатель

Акционерное общество «Научно-производственный центр «АСПЕКТ» им. Ю.К.Недачина» (АО «НПЦ «АСПЕКТ»)

ИНН 5010002623

Адрес: 141980, Московская обл., г.о. Дубна, г. Дубна ул. Сахарова А. Д., д. 8

Телефон (факс): (49621) 6-52-72 (6-51-08)

E-mail: aspect@dubna.ru

Web-страница: <http://www.aspect.dubna.ru>

Изготовитель

Акционерное общество «Научно-производственный центр «АСПЕКТ» им. Ю.К.Недачина»
(АО «НПЦ «АСПЕКТ»)

ИНН 5010002623

Адрес: 141980, Московская обл., г.о. Дубна, г. Дубна ул. Сахарова А. Д., д. 8

Телефон (факс): (49621) 6-52-72 (6-51-08)

E-mail: aspect@dubna.ru

Web-страница: <http://www.aspect.dubna.ru>

Испытательный центр

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Московской области»
(ФБУ «ЦСМ Московской области»)

Юридический и почтовый адрес: 141570, Московская обл., Солнечногорский р-н,
пгт Менделеево

Телефон: +7 (495) 994-22-10

Факс: +7 (495) 994-22-11

<http://www.mencsm.ru/>

E-mail: info@mencsm.ru

Уникальный номер записи в реестре аккредитованных лиц №30083-14.