

ОКП 43 6230

ООО «ВНИИ «Спектр»

УТВЕРЖДАЮ
раздел 4 «Методика поверки»
Руководитель
ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.Н. Щипунов

2011 г.



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «ВНИИ «Спектр»

А.М. Зайцев

«30» ОКТЯБРЯ 2011 г.



ДЛЯ АЭС

**УСТАНОВКИ СТАЦИОНАРНЫЕ
ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ
НА ОСНОВЕ ОЧГ-ДЕТЕКТОРА
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ ПРОБ
СКГ-1003**

Руководство по эксплуатации
ПБАВ.414411.002РЭ



2011

ОКП 43 6230

ЗАО «КБ «ПРОМИНЖИНИРИНГ»

УТВЕРЖДАЮ
раздел 4 «Методика поверки»
Руководитель
ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.Н. Щипунов



2011 г.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ЗАО «КБ «Проминжиниринг»

К.Ю. Кривошеев



2011 г.

ДЛЯ АЭС

**УСТАНОВКИ СТАЦИОНАРНЫЕ
ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ
НА ОСНОВЕ ОЧГ-ДЕТЕКТОРА
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ ПРОБ
СКГ-1003**

Руководство по эксплуатации
ПБАВ.414411.002РЭ



2011

СОДЕРЖАНИЕ

1	Описание и работа	3
1.1	Назначение и общие сведения	3
1.2	Технические характеристики установки.....	4
1.3	Технические характеристики составных частей установки.....	10
1.4	Состав и устройство установки	10
1.5	Принцип работы установки.....	17
1.6	Маркировка и пломбирование	17
1.7	Упаковка.....	18
2	Подготовка к работе и порядок работы	20
2.1	Подготовка установки к работе.....	20
2.2	Настройка спектрометра.....	20
2.3	Энергетическая градуировка и калибровка спектрометра по чувствительности (эффективности) регистрации гамма-излучения.....	26
2.4	Работа с установкой	30
3	Техническое обслуживание.....	34
4	Меры безопасности	36
5	Методика поверки	37
5.1	Общие положения	37
5.2	Операции и средства поверки	37
5.3	Требования безопасности	41
5.4	Условия поверки и подготовка к ней	41
5.5	Проведение поверки и обработка результатов измерений.....	42
5.6	Оформление результатов поверки	51
6	Текущий ремонт	52
7	Возможные неисправности и способы их устранения	52
8	Хранение	52
9	Консервация.....	53
10	Транспортирование	53
	Приложение А Габаритные размеры спектрометра гамма-излучений	54
	Приложение Б Схема электрическая подключений	56
	Приложение В Форма протокола поверки.....	57

Настоящее руководство по эксплуатации содержит сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках установок стационарных гамма-спектрометрических на основе ОЧГ-детектора для измерения активности проб СКГ-1003 ПБАВ.414411.002 (далее – установка) и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации установки – использования по назначению, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

В настоящем руководстве по эксплуатации приняты следующие сокращения и обозначения:

БД – блок детектирования (детектор),
ОСГИ - образцовый спектрометрический источник гамма-излучения,
ОЧГ – особо чистый германий,
ОМАСН - объемный сыпучий источник гамма-излучения,
ПК – персональный компьютер,
ПО – программное обеспечение,
ПУ – предусилитель,
РП – руководство пользователя,
РЭ – руководство по эксплуатации,
СУ – устройство спектрометрическое.

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА УСТАНОВКИ

1.1 Назначение и общие сведения

1.1.1 Установка предназначена для измерения энергий гамма - квантов, испускаемых радионуклидами, определения радионуклидного состава, измерения активности, объемной или удельной активности гамма - излучающих радионуклидов в счетных образцах и в объемных источниках различной формы.

Установка обеспечивает автоматизированную обработку результатов измерения, вывод и хранение информации.

1.1.2 Установка имеет два варианта исполнения:

- для проведения измерений активности низкоактивных проб, СКГ-1003 ПБАВ.414411.002 (далее СКГ-1003) в диапазоне¹⁾ измерения активности по ^{137}Cs от 10^3 до 10^9 Бк/м³.

- для проведения измерений активности высоко- и среднеактивных проб СКГ-1003-01 ПБАВ.414411.002-01 (далее СКГ-1003-01) в диапазоне¹⁾ измерения активности по ^{137}Cs от 10^7 до 10^{13} Бк/м³.

Примечание¹⁾ - определение диапазона низкоактивных, средне- и высокоактивных проб имеет условный характер.

1.1.3 Установка эксплуатируется в стационарных радиометрических лабораториях АЭС и используется с целью периодического и эпизодического контроля следующих отобранных проб:

- активности проб аэрозолей, накопленных на аналитических фильтрах типа АФА-СИ-20 или АФА-РМП-20;

- активности радионуклидов в твердых счетных образцах (солевой остаток в чашках Петри и пр.);

- активности водных сред в объемных источниках различной формы (чашки Петри, кюветы, сосуды Маринелли, бюксы, цилиндрические стеклянные сосуды).

1.1.4 По влиянию на безопасность установка относится к элементам нормальной эксплуатации класса безопасности 4Н в соответствии с НП-001-97 (ОПБ-88/97).

1.2 Технические характеристики установки

1.2.1 Значения основных технических характеристик установки указаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Значения основных технических характеристик установки

Наименование параметра	Значение параметра	
	СКГ-1003-01	СКГ-1003
Диапазон энергий регистрируемых гамма-квантов, кэВ	50-3000	
Энергетическое разрешение для энергий не более, кэВ: 122 кэВ 1332 кэВ	0,850 1,800	0,895 1,900
Интегральная нелинейность функции преобразования, %, не более		0,04
Относительная эффективность регистрации в пике полного поглощения 1,33 МэВ в геометрии точечного источника на расстоянии источник-детектор 250 мм по отношению к детектору (NaI)Tl с чувствительным объемом $7,65 \times 7,65$ см, %, не менее	10	50
Относительная погрешность измерений активности $10^3 - 10^5$ Бк точечного источника при времени измерения 1 час, %, не более		± 10
Эффективность регистрации в пике полного поглощения для энергии 661,6 кэВ (Cs-137), имп/(Бк·с), не менее, в геометрии: - сосуда Маринелли объемом 1 л - чашки Петри диаметром от 40 до 100 мм - бюкса объемом от 10 до 30 см ³ на детекторе	- $1,45 \cdot 10^{-2}$ $1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,37 \cdot 10^{-2}$ $4,45 \cdot 10^{-2}$ -
Предел погрешности эффективности регистрации в пике полного поглощения для энергии 661,6 кэВ (Cs-137) неточечной геометрии для 95%-ного доверительного интервала, %, не более		± 10
Диапазон измерения объемной активности ^{137}Cs при времени измерения не более 1 часа, Бк/м ³	$10^5 - 10^{13}$	$1,5 \cdot 10^2 - 10^9$
Максимальная входная статистическая загрузка от источника ^{60}Co , имп/с, не менее		$1 \cdot 10^5$
Ухудшение энергетического разрешения ($\tau=2$ мкс) при частотной загрузке $1 \cdot 10^5$ имп/с (^{60}Co), %, не более		50
Время охлаждения детектора, ч, не более		8
Время установления рабочего режима установки не более, мин		30
Время между дозаправками жидким азотом, суток, не менее		15

Наименование параметра	Значение параметра	
	СКГ-1003-01	СКГ-1003
Время непрерывной работы установки, ч, не менее	24	
Долговременная нестабильность характеристики преобразования установки за 24 ч непрерывной работы, %, не более	0,02	

Погрешность измерения объемной активности устанавливается МРК 40090.1 М505 «Методика радиационного контроля. Определение удельной и объемной активности гамма-излучающих радионуклидов в объемных источниках с использованием гамма-спектрометрических установок».

1.2.2 Установка обеспечивает следующие функции:

- накопление спектров гамма-излучения анализируемых проб;
- передачу накопленных спектров в ПК по RS-232 или USB;
- обработку спектров, идентификацию гамма-излучающих радионуклидов пробы и расчет активности и/или удельной активности радионуклидов;
- автоматизированную обработку результатов измерения, вывод и хранение информации;
- индикацию и диагностику состояния технических средств установки;
- передачу данных по каналу связи 100 Base-TX (Ethernet) или RS-485 в ПК сбора и анализа информации Автоматизированной системы радиационного контроля АЭС (АРМ ПЭК АСРК).

1.2.3 Электропитание установки осуществляется от однофазной сети переменного тока напряжением $220 \pm 10\%$ В, частотой $50 \pm 1\text{ Гц}$.

1.2.4 Потребляемая мощность установки совместно с ПК не превышает 610 Вт. Потребляемая мощность спектрометра гамма-излучения установки не превышает 11 Вт.

1.2.5 Установка соответствует климатическому исполнению УХЛ4.1 и устойчива к воздействию температуры окружающего воздуха в диапазоне от плюс 5 до плюс 35 °C. Рабочие значения температуры окружающего воздуха - от плюс 10 до плюс 25 °C (группа В1 по ГОСТ Р 52931).

1.2.6 Установка устойчива к воздействию относительной влажности окружающего воздуха до 80 % при плюс 25 °C. Среднегодовое значение относительной влажности окружающего воздуха – 60 % при плюс 20 °C.

1.2.7 Установка устойчива и прочна к воздействию коррозионно-активных агентов атмосферы типа II (промышленная) с содержанием коррозионно-активных агентов:

- сернистый газ от 20 до 250 мг/(м²·сут) (от 0,025 до 0,31 мг/м³);
- хлориды – менее 0,3 мг/(м²·сут).

1.2.8 Установка устойчива к воздействию атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа.

1.2.9 Степень защиты установки, обеспечивающая оболочками от проникновения твердых предметов и воды, соответствует IP21 по ГОСТ 14254.

1.2.10 По устойчивости к воздействию синусоидальных вибраций установка соответствует группе V4 ГОСТ Р 52931 и устойчива к воздействию синусоидальных вибраций в диапазоне частот от 5 до 120 Гц со значением амплитуды смещения 0,075 мм для частоты ниже частоты перехода и соответствующей амплитудой ускорения для частоты выше частоты перехода 9,8 м/с².

1.2.11 Установка в транспортной таре прочна к воздействию температур окружающего воздуха от минус 15 до плюс 40 °С.

1.2.12 Установка в транспортной таре прочна к воздействию относительной влажности окружающего воздуха до 98 % при плюс 35 °С.

1.2.13 Установка в транспортной таре обладает прочностью при транспортировании, выдерживает без повреждений транспортную тряску, соответствующую предельным условиям транспортирования:

- на железнодорожном и автомобильном транспорте - вибрацию в диапазоне от 10 до 55 Гц со смещением 0,35 мм;

- на самолете - вибрацию в диапазоне от 10 – 500 Гц со смещением 0,35 мм.

1.2.14 Установка устойчива к изменению напряжения переменного тока от 187 до 242 В и к изменению частоты переменного тока от 47 до 51 Гц.

1.2.15 Уровень индуциальных радиопомех, создаваемых установкой, не превышает значений, установленных ГОСТ Р 51318.22 для оборудования класса А.

1.2.16 Эмиссия гармонических составляющих тока в сеть электропитания ~ 220 В, созданная установкой, не превышает значений, установленных ГОСТ Р 51317.3.2.

1.2.17 Колебания, вызываемые установкой в сети электропитания ~ 220 В, не превышают значений, установленных ГОСТ Р 51317.3.3.

1.2.18 По устойчивости к помехам установка соответствует требованиям по электромагнитной совместимости (ЭМС) группы II, критерию качества функционирования В по ГОСТ Р 50746.

1.2.18.1 Установка устойчива к микросекундным импульсным помехам большой энергии по ГОСТ Р 51317.4.5:

- входные и выходные порты электропитания переменного тока по схеме «провод-провод» - до 0,5 кВ;

- входные и выходные порты электропитания переменного тока по схеме «провод-земля» - до 1,0 кВ;

- сигнальные порты, порты управления, порты ввода-вывода (подачи помехи по схеме «провод-земля») - 0,5 кВ.

1.2.18.2 Установка устойчива к динамическим изменениям напряжения сети электропитания ~ 220 В по ГОСТ Р 51317.4.11:

- к провалам напряжения до 154 В в течение 500 мс;

- к прерыванию напряжения в течение 50 мс;

- к выбросам напряжения до 264 В в течение 500 мс.

1.2.18.3 Установка устойчива к наносекундным импульсным помехам по ГОСТ Р 51317.4.4:

- входные и выходные порты электропитания переменного тока – до 1 кВ;

- входные и выходные порты электропитания постоянного тока – до 0,5 кВ.

1.2.18.4 Установка устойчива к электростатическим разрядам и выдерживает испытательное напряжение 4 кВ при контактном разряде и 4 кВ при воздушном разряде по ГОСТ Р 51317.4.2.

1.2.18.5 Установка устойчива при воздействии на порт корпуса радиочастотного электромагнитного поля в полосе частот 80 – 1000 МГц напряженностью 3 В/м и в полосах частот 800 – 960 и 1400 – 2000 МГц напряженностью 10 В/м по ГОСТ Р 51317.4.3.

1.2.18.6 Установка устойчива к длительному и кратковременному воздействию на порт корпуса магнитного поля промышленной частоты по ГОСТ Р 50648:

- при длительном воздействии – 10 А/м;
- при кратковременном воздействии длительностью 3 с – 400 А/м (по ГОСТ 29075).

1.2.18.7 Установка устойчива к воздействию на порт корпуса магнитного поля импульсного магнитного поля напряженностью 100 А/м по ГОСТ Р 50649.

1.2.18.8 Установка устойчива к воздействию кондуктивных помех, наведенных радиочастотным и электромагнитным полем напряжением 3 В в полосе частот 0,15 – 80 МГц на входные и выходные порты, в том числе электропитания переменного тока, электропитания постоянного тока, сигнальные порты, порты управления и ввода-вывода по ГОСТ Р 51317.4.6.

1.2.18.9 Установка устойчива к воздействию колебательных затухающих помех по ГОСТ Р 51317.4.12:

- одиночных колебательных затухающих помех на входные порты электропитания переменного и постоянного тока при подаче по схеме «провод-земля» - 1,0 кВ; по схеме «провод-провод» - 0,5 кВ;

- одиночных колебательных затухающих помех на выходные порты электропитания переменного и постоянного тока при подаче по схеме «провод-земля» - 0,5 кВ; по схеме «провод-провод» - 0,25 кВ.

1.2.18.10 Установка устойчива к колебаниям напряжения электропитания и выдерживает воздействие ступенчатых изменений напряжения ($U_H \pm 0,08U_H$) по ГОСТ Р 51317.4.14.

1.2.18.11 Установка устойчива к воздействию изменений частоты питающего напряжения плюс 4 %, минус 6 % по ГОСТ Р 51317.4.28.

1.2.18.12 Установка устойчива к 10 % искажению синусоидальности напряжения электропитания относительно основной гармоники по ГОСТ Р 50746.

1.2.19 Установка работоспособна при воздействии мощности поглощенной дозы гамма-излучения до $2,8 \cdot 10^{-9}$ Гр·с⁻¹ ($1 \cdot 10^{-5}$ Зв·ч⁻¹).

1.2.20 Характеристики надежности установки:

- средняя наработка на отказ установки не менее 20 000 ч.
- срок службы установки не менее 15 лет при условии замены изделий, выработавших свой ресурс (таблица 1.2) .
- срок сохраняемости установки в упаковке предприятия изготовителя - не менее 3 лет при условии проведения регламентных работ по хранению установки и консервации.

Таблица 1.2 – Сроки службы комплектующих, требующих замены при выработке ресурса в течение срока службы установки

№ п/п	Наименование изделий	Средний срок службы, лет
1	Блок детектирования гамма-излучения	5
2	Устройство спектрометрическое	8
3	Лампочки индикации	5

1.2.21 Габаритные размеры и масса составных частей установки указаны в таблице 1.3. Общий вид и габаритные размеры спектрометров гамма-излучения, входящих в состав установок СКГ-1003 и СКГ-1003-01, приведены на рисунках А1 и А2 Приложения А.

Таблица 1.3 – Габаритные размеры и масса

№	Наименование параметра	Значение параметра	
		СКГ-1003-01	СКГ-1003
1	Габаритные размеры спектрометра гамма-излучения (без СУ), не более, мм	500×447×1182	722×539×1370
2	Габаритные размеры блока детектирования (без сосуда Дьюара), мм	Ø205×888,5	Ø101×950
3	Габаритные размеры устройства спектрометрического, не более: - Multispectrum HYBRID, мм - DigiSpectrum, мм	300×180×80 435×195×70	
4	Размеры кристалла детектора: - диаметр, мм - высота, мм	42,5 45	66,5 66
5	Размеры вольфрамового коллиматора, мм	Ø93×35, сквозное отверстие Ø2×35	-
6	Толщина передней стенки Al крышки детектора, мм	0,7	
7	Расстояние между передней стенкой крышки и детектором, мм	6	
8	Длина соединительных кабелей, м	2	
9	Емкость сосуда Дьюара, л	22	
10	Масса спектрометра гамма-излучения (без СУ при пустом сосуде Дьюара и), кг, не более	175	765
11	Масса устройства спектрометрического, не более: - Multispectrum HYBRID, кг - DigiSpectrum, кг	2,8 3,3	
12	Масса ПК с принтером	Устанавливается при заказе	

1.2.22 Конструкционные материалы и материалы покрытия установки соответствуют ГОСТ Р 51102 и выдерживают воздействие применяемых на АЭС дезактивирующих растворов:

- лакокрасочные покрытия установки выдерживают дезактивацию наружных поверхностей путем влажной обтирки дезактивирующим раствором № 1 следующего состава: едкий натр (NaOH) – 50 – 60 г/дм³, перманганат калия (KMnO4) – 8 – 10 г/дм³; раствор не применяется для дезактивации алюминиевых поверхностей;

- узлы и блоки из нержавеющей стали выдерживают дезактивацию поверхностей путем влажной обтирки дезактивирующим раствором № 2: щавелевая кислота ($H_2C_2O_4$) – 10–30 г/дм³, перекись водорода (H_2O_2) – 0,5 г/дм³; вместо H_2O_2 можно применять азотную кислоту (HNO_3) – 1 г/дм³;

- алюминиевая крышка БД дезактивируется спиртом этиловым ректифицированным.

1.3 Технические характеристики составных частей установки

1.3.1 Значения основных технических характеристик блока детектирования указаны в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Значения основных технических характеристик блока детектирования

Наименование параметра	Значение параметра	
	СКГ-1003-01	СКГ-1003
Относительная эффективность блока детектирования для энергии 1,332 МэВ к ($NaI(Tl)$), %	по табл. 1.1 41:1	по табл. 1.1 64:1
Отношение пик/комптон		
Параметры пика:		
отношение 0,1/0,5 (FW.1M/FWHM)	1,9	1,9
отношение 0,02/0,5 (FW.02M/FWHM)	2,65	2,65
Рабочее напряжение питания блока детектирования, В, плюс	1000÷4000	
Время нарастания отрицательного импульса напряжения выходного сигнала, мкс, не более	0,15	
Постоянная времени спада импульса напряжения выходного сигнала, мкс, не менее	50	
Полярность выходного сигнала блока детектирования	Отрицательная	
Питание предусилителя блока детектирования установки от источника постоянного тока напряжением, В	±12	
Выходное сопротивление предусилителя блока детектирования установки, Ом	50	

1.3.2 Основные технические характеристики устройства спектрометрического, входящего в состав установки, представлены в руководстве по эксплуатации (РЭ) или паспорте (ПС) на данное устройство спектрометрическое.

1.4 Состав и устройство установки

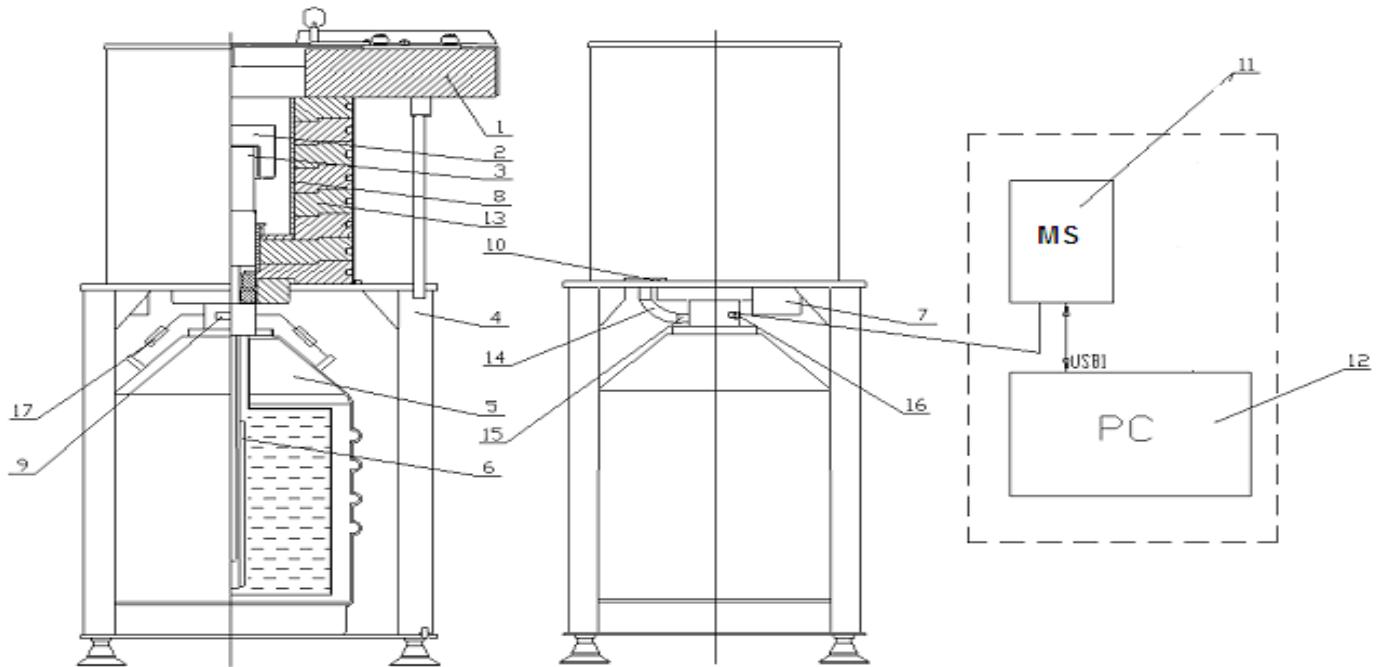
1.4.1 Установка создана в виде программно-аппаратного комплекса и состоит из двух основных узлов – спектрометра гамма-излучения и устройства накопления, обработки и печати информации – персонального компьютера (далее – ПК) с принтером.

1.4.2 Спектрометр гамма-излучения выполнен на основе коаксиального особо чистого германиевого (далее – ОЧГ) детектора и состоит из блока детектирования, размещенного в контейнере свинцовой защиты, и устройства спектрометрического.

Структурные схемы установок СКГ-1003 и СКГ-1003-01 представлены соответственно на рисунках 1.1 и 1.2.

1.4.3 Исполнения установки СКГ-1003 и СКГ-1003-01 отличаются относительной эффективностью регистрации блоков детектирования, используемых в установках, конструкцией и толщиной свинцовой защиты.

К особенностям комплектации СКГ-1003-01 относится наличие вольфрамового коллиматора для проведения измерений проб высокой активности.



1 - крышка контейнера свинцовой защиты,

2 - камера измерительная с измеряемой пробой,

3 - блок детектирования,

4 – стол-основание (подставка),

5 - сосуд Дьюара,

6 - датчик уровня жидкого азота,

7 - измеритель уровня жидкого азота,

8 - кольцо дополнительной антифоновой защиты,

9 - разъем для подключения измерителя уровня жидкого азота,

10 - узел заливки жидкого азота,

11 - устройство спектрометрическое,

12 – ПК,

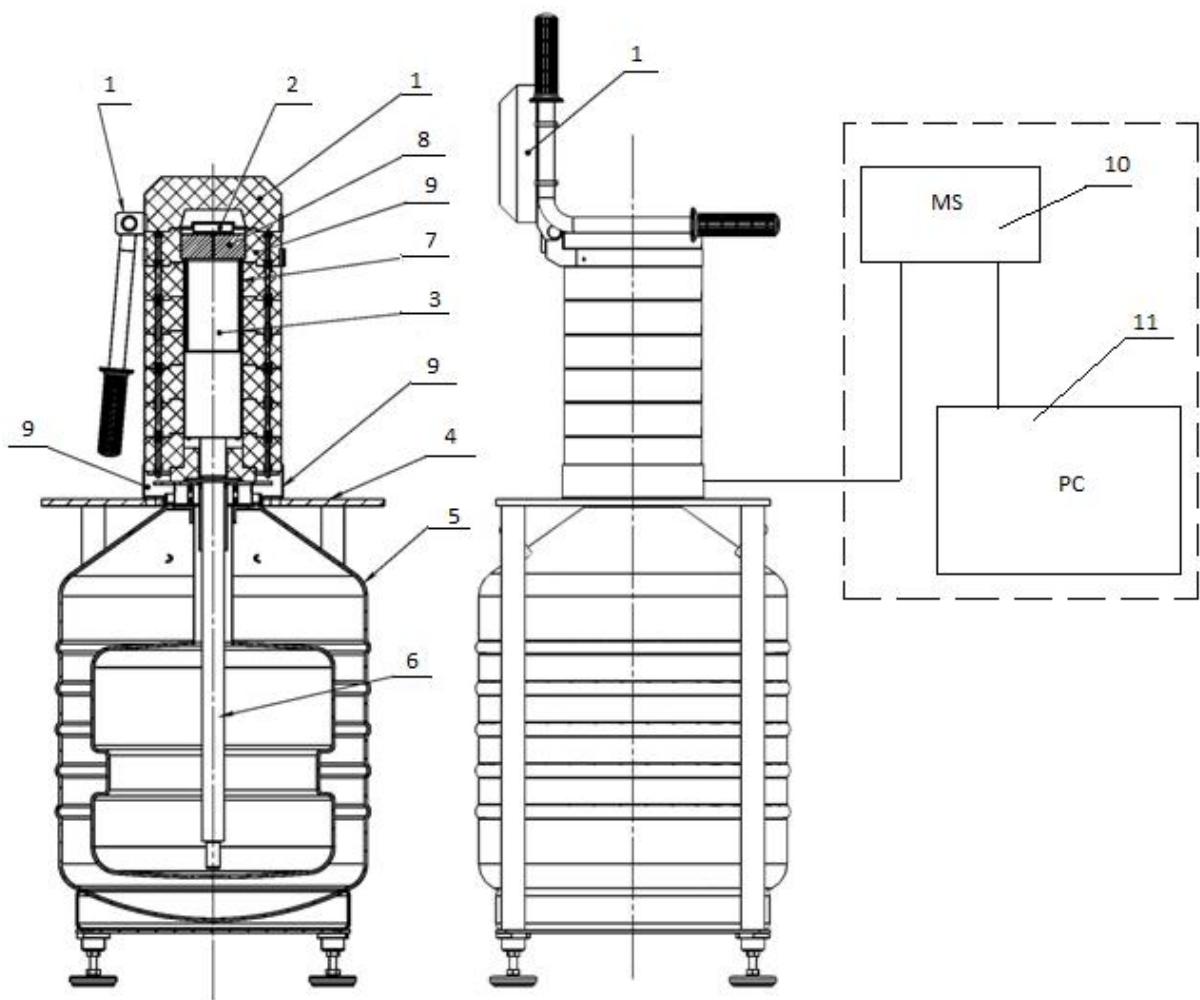
13 - элементы контейнера свинцовой защиты,

14 - трубка заливки жидкого азота

15 - штуцер для заливки жидкого азота

16 – штуцер для отвода паров азота

Рисунок 1.1 – Структурная схема установки СКГ-1003



1 - крышка контейнера свинцовой защиты,
2 - камера измерительная с измеряемой пробой,

3 - блок детектирования,
4 - стол-основание (подставка),
5 - сосуд Дьюара,
6 - датчик уровня жидкого азота,

7 - кольцо дополнительной антифоновой защиты,
8 - вольфрамовый коллиматор,
9 - элементы контейнера свинцовой защиты,
10 - устройство спектрометрическое,
11 – ПК.

Узел заливки жидкого азота, трубка заливки и штуцер для заливки жидкого азота, штуцер для отвода паров азота, измеритель уровня жидкого азота и разъем для подключения измерителя уровня жидкого азота выполнены аналогично СКГ-1003 и на рисунке не показаны.

Рисунок 1.2 – Структурная схема установки СКГ-1003-01

1.4.4 Блок детектирования

Блок детектирования (далее – БД) предназначен для преобразования потока гамма-квантов, испускаемых анализируемым образцом, в поток электрических сигналов и обеспечивает информацию об энергетическом распределении гамма-квантов.

БД включает в себя:

- полупроводниковый коаксиальный ОЧГ детектор р-типа GCD-50190-22 в составе СКГ-1003 и GCD-10180-22 в составе СКГ-1003-01;
- предусилитель с охлаждаемым входным каскадом;
- вертикальный криостат со встроенным предусилителем сигналов.

БД устанавливается на горловину сосуда Дьюара объемом 22 литра, куда заливается жидкий азот.

Криостат БД состоит из вакуумной камеры, где расположены детектор и входной каскад предусилителя, охлаждаемые до температуры близкой к температуре жидкого азота. Неохлаждаемая часть предусилителя (далее – ПУ) находится вне вакуумного объема криостата в отдельном отсеке и герметично закрыта крышкой. Из отсека выведены кабели для подключения БД к соответствующей аппаратуре.

В вакуумной камере рядом с оправкой кристалла закреплен датчик температуры, сигнал с которого поступает на схему контроля температуры детектора. Эта схема конструктивно расположена на плате ПУ. Выходной сигнал «HV-inhibit» этой схемы (TTL уровня) через контакт 5 разъема кабеля POWER DC \pm 12V или по кабелю "HV-inhibit" поступает на СУ и является управляющим для источника высокого напряжения питания, действующим следующим образом:

- 0V – запрещает подачу высокого напряжения питания на детектор, если его температура не достигла необходимого уровня после заливки жидкого азота;
- 0V – выключает источник высокого напряжения питания, если температура детектора превысила критический порог (например, если закончился жидкий азот);
- +5V – разрешает подачу высокого напряжения питания на детектор, если его температура достигла необходимого уровня.

На мониторе, расположенном на конце ответвления кабеля Power DC \pm 12V, расположены светодиодные индикаторы:

- зеленый («Detector Temp»), загорается, когда детектор достигает рабочей температуры, при этом разрешается подача на него высокого напряжения;
- красный («High Rate»), загорается при достижении загрузки детектора выше допустимой.

Монитор со светодиодами может быть закреплен на какой-либо подходящей поверхности с помощью самоклеящегося держателя.

Криостат фиксируется с помощью 4-х стяжных винтов в пробке, служащей элементом низкофоновой защиты, и устанавливается на горловину сосуда Дьюара.

Пробка криостата снабжена штуцером для заливки жидкого азота (LN₂). Для выхода паров азота при заливке и эксплуатации служит выходной патрубок. В пробке смонтирован емкостной датчик уровня жидкого азота, который крепится на хладопроводе криостата с помощью двух хомутов. При изменении уровня жидкого азота в сосуде Дьюара изменяется и

емкость датчика, сигнал с которого через разъем «LN₂ sensor» и соединительный кабель передается на измеритель уровня жидкого азота (LN₂ monitor).

Измеритель уровня жидкого азота обеспечивает измерение и индикацию уровня азота по 16-сегментному индикатору, откалиброванному в процентах от объема жидкого азота в сосуде Дьюара.

Криостат детектора выполнен из алюминия и меди. Крышка детектора и держатели сделаны из алюминия, хладопровод – из меди, входное окно – из алюминия.

При снижении уровня жидкого азота в сосуде Дьюара установки менее допустимого значения (5 % от общего объема) измеритель уровня жидкого азота подает звуковые сигналы о необходимости пополнения сосуда Дьюара.

1.4.5 Устройство спектрометрическое

Устройство спектрометрическое (далее – СУ) предназначено для обработки полученных от блока детектирования электрических сигналов, пропорциональных энергии квантов гамма-излучения, зарегистрированных блоком детектирования, и создания спектрометрического тракта ионизирующих излучений.

СУ обеспечивает:

- высоковольтное питание детектора и низковольтное питание всех электронных узлов;
- усиление, фильтрацию, аналогово-цифровое преобразование или цифровое, регистрацию, накопление импульсных сигналов;
- передачу накопленных спектров в ПК по RS-232 или USB;
- индикацию состояния и самодиагностику.

СУ имеет два варианта исполнения:

- устройство спектрометрическое Multispectrum HYBRID – гибридное устройство с аналогово-цифровым преобразованием импульсных сигналов,
- устройство спектрометрическое цифровое DigiSpectrum с цифровым преобразованием импульсных сигналов.

Подробные описания, технические характеристики и принципы работы СУ приведены в руководстве по эксплуатации изделий из комплекта поставки

1.4.6 Контейнер свинцовой защиты

Свинцовая защита предназначена для снижения предела обнаружения радионуклидов, регистрируемых в пробе, путем пассивной защиты детектора от внешнего радиационного фона.

Свинцовая защита выполнена в виде контейнера с отодвигающейся (СКГ-1003) или откидываемой (СКГ-1003-01) крышкой, внутри защиты над чувствительной частью блока детектирования должна размещаться проба в сосуде.

Свинцовая защита установок имеет следующее исполнение:

- Контейнер свинцовой защиты блока детектирования СЗ-50-10/1003 установки СКГ-1003-01:
 - контейнер свинцовой защиты имеет цилиндрическую форму;

- конструкция контейнера обеспечивает размещение над детектором чашки Петри диаметром до 60 мм, металлической подложки, бюкса, кюветы или другой емкости с высотой не более 70 мм без использования вольфрамового коллиматора и не более 35 мм с использованием вольфрамового коллиматора для ослабления загрузки спектрометра;

- толщина свинцовой защиты блока детектирования не менее 50 мм и имеет низкофоновое исполнение – активность ^{210}Pb в свинце не превышает 50 Бк/кг;

- внутренний диаметр свинцового контейнера 94 мм, расстояние от потолка контейнера до крышки детектора не менее 70 мм;

- контейнер изнутри покрыт слоем меди, очищенным электролитическим способом от присутствия радионуклидов, толщина слоя меди – 2 мм;

- защита жестко смонтирована на столе с регулируемыми ножками.

- Контейнер свинцовой защиты блока детектирования СЗ-100-50/1003 установка СКГ-1003:

- контейнер свинцовой защиты имеет цилиндрическую форму;

- конструкция контейнера обеспечивает размещение над детектором сосуда Маринелли объемом до 3 литров;

- толщина свинцовой защиты блока детектирования установки СКГ-1003 не менее 100 мм и имеет низкофоновое исполнение – активность ^{210}Pb в свинце не превышает 50 Бк/кг;

- внутренний диаметр свинцового контейнера не менее 220 мм, внутренняя высота – 300 мм, расстояние от потолка контейнера до крышки детектора не менее 83 мм;

- контейнер изнутри покрыт слоем меди, очищенным электролитическим способом от присутствия радионуклидов, толщина слоя – 9 мм;

- защита жестко смонтирована на столе с регулируемыми ножками.

Контейнер свинцовой защиты имеет подвижную крышку, обеспечивающую доступ внутрь измерительной камеры для размещения измеряемой пробы. К столу-основанию (подставке контейнера) крепятся трубка для заливки жидкого азота в сосуд Дьюара и измеритель уровня жидкого азота.

1.4.7 Коллиматор для проведения измерений средне- и высокоактивных проб

Коллиматор вольфрамовый КВ-10/1003 используется для измерения установкой СКГ-1003-01 проб с активностью в диапазоне от 10^9 до 10^{13} Бк/м³ с целью уменьшения потока гамма-квантов от измеряемого образца к чувствительной области детектора.

Размеры коллиматора указаны в таблице 1.3.

Для определения активности проб на границе диапазона измерения при использовании вольфрамового коллиматора должны использоваться бюксы (или кюветы) малого диаметра (10 – 20 мм) и объемом 10 – 50 см³.

1.4.8 ПК, программное обеспечение

ПК оснащен программным обеспечением SpectraLineGP (далее – ПО) семейства программных продуктов «LSRM».

ПО SpectraLineGP предназначено для управления СУ, накопления и сохранения спектров, обработки полученных спектров, расчета активности радионуклидов в

анализируемой пробе различной формы, градуировки спектрометра по энергии и калибровки по эффективности регистрации, создания рабочей библиотеки радионуклидов, получения отчетов (протоколов) измерений.

ПО защищено электронным ключом от несанкционированного доступа к настройкам. Без электронного ключа Пользователь не имеет доступа к СУ и не может сохранять на диске файлы спектра.

ПО состоит из эмулятора анализатора, программы обработки спектров и расчета активности радионуклидов, имеет библиотеку радионуклидов.

ПО обеспечивает следующие функции:

- отображение аппаратурного спектра с возможностью детализации;
- градуировка энергетической шкалы спектрометра;
- калибровка эффективности регистрации в пике полного поглощения, получение аппроксимирующих «кривых» для различных геометрий проб;
- определение параметров пиков – положения, полуширины, площади;
- определение фона и значений минимально измеряемых активностей контролируемых радионуклидов;
- установка перечня контролируемых радионуклидов;
- определение метрологических аттестуемых характеристик установки;
- поиск пиков полного поглощения и определения скорости счета в них;
- автоматическое определение радионуклидного состава;
- отображение перечня контролируемых радионуклидов, значений активности и/или удельной активности каждого радионуклида и их суммы;
- определение поправки на истинное суммирование для последующей коррекции интенсивности гамма-излучений;
- сохранение измеренных спектров и результатов обработки в базе данных для анализа многократных измерений на сходимость по заданным критериям;
- одновременную обработку нескольких спектров;
- количественный и визуальный контроль качества калибровок;
- настройку параметров СУ;
- независимое управление несколькими измерительными каналами – старт, стоп и т.д.

Идентификационные данные программного обеспечения SpectraLineGP указаны в таблице 1.5.

Таблица 1.5

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
SpectraLineGP	SpectraLineGP	1.4.2018	4762a11a	CRC32

Защита программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «С» по МИ 3286-2010.

ПО SpectraLineGP может использоваться совместно с ПО Nuclid Master Plus, позволяющим дополнять библиотеку радионуклидов, установленную заводом-изготовителем.

Подробное описание ПО, порядок его использования приведено в документации из комплекта поставки ПО (далее РП ПО):

- «Комплекс программного обеспечения Specrtaline GP. Прецизионная обработка гамма-спектров. Руководство пользователя»;
- «Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-,бета-спектрометрах с использованием программного обеспечения «LSRM».

ПО Nuclid Master Plus поставляется по запросу с документацией «Программное обеспечение NuclideMasterPlus. Руководство пользователя».

1.4.9 Приспособления и принадлежности

Установка укомплектовывается комплектом монтажным, приспособлений и принадлежностей КМ-10/1003 для установки СКГ-1003-01 или КМ-50/1003 для установки СКГ-1003, состоящего из кабелей, соединителей, конвертера портов.

Поциальному запросу в состав установки включаются:

- емкости для проб: сосуды Маринелли, чашки Петри и бюксы;
- устройства для дистанционного размещения образцовых источников типа ОСГИ (ИМН-Г-1): приспособление для поверки ПП-10/1003 для установки СКГ-1003-01 или приспособление для поверки ПП-50/1003 для установки СКГ-1003;
- устройство дозаправки блоков детектирования жидким азотом ТР-35, предназначенное для перелива жидкого азота в сосуд Дьюара установки из сосуда Дьюара ТР-35 под давлением без испарения азота;
- МРК № 40090.1М505. Методика радиационного контроля. Определение удельной и объемной активности гамма - излучающих радионуклидов в объемных источниках с использованием гамма-спектрометрических установок.

1.5 Принцип работы установки

1.5.1 Часть потока гамма-квантов, испускаемого измеряемым объектом (пробой или образцовыми источником), попадая в чувствительный объем детектора, взаимодействует с материалом чувствительной области последнего – германием. Это приводит к образованию в чувствительном объеме неравновесных носителей заряда – электронов и дырок, которые под воздействием электрического поля, созданного приложенным к детектору напряжением, дрейфуют к электродам детектора. Дрейф неравновесных носителей сопровождается протеканием тока через электроды во внешней по отношению к детектору цепи. Генерируемые детектором импульсы тока поступают на вход зарядочувствительного ПУ, расположенного в БД, который осуществляет преобразование импульсов тока на его входе в импульсы напряжения на его выходе (посредством интегрирования импульсов тока).

1.5.2 Амплитуда импульсов напряжения на выходе ПУ пропорциональна заряду на входе ПУ, а следовательно, и энергии, полностью теряемой гамма-квантами при взаимодействии с материалом чувствительной области детектора. Поток импульсов от ПУ поступает на вход СУ, где производится нормализация амплитуд импульсов, их формирование с целью улучшения отношения “сигнал/фон” и преобразование в цифровой

код. Цифровые коды амплитуд импульсов накапливаются в буфере устройства спектрометрического в виде приборных спектров гамма-излучения, снятых за тот или иной промежуток реального или живого времени измерения.

1.5.3 Управление работой СУ, накопление спектров в буфере, их визуализация и качественная оценка, оформление в виде файлов, передача последних в ПК для дальнейшей количественной обработки осуществляется инсталлированным в компьютере ПО SpectraLineGP.

ПО SpectraLineGP в автоматическом режиме обращается к библиотеке радионуклидов, рассчитываются поправки на истинное суммирование и осуществляется коррекция интенсивности гамма-излучений в библиотеке радионуклидов.

Сервисные функции ПО, заложенные в программе, позволяют упорядочивать данные по энергии, интенсивности и т.д., а также исключать какие-то данные, например, линии с маленькой интенсивностью.

1.5.4 ПО SpectraLineGP обеспечивает идентификацию и расчет активности радионуклидов Cs-134, Cs-137, Co-60, I-131 и пр. в геометрии пробы на аналитических фильтрах типа АФА-СИ-20 или АФА-РМП-20.

ПО должно обеспечивать определение радионуклидов Cs-134, Cs-137, Co-60, Na-24, K-40, I-131 –I-135, Kr-85, Kr-85m, Kr-87, Kr-88, Xe-133, Xe-135, Xe-137, Xe-138 а так же любых других гамма-излучающих радионуклидов в жидких пробах технологических сред в геометрии чашки Петри и сосуда Маринелли, а так же выпаренных солевых остатков или осадков, полученных методом осаждения в геометрии чашки Петри. Геометрия измеряемых проб (вид сосуда, его объем и плотность пробы) задается оператором установки и может расширяться.

В ПО имеется возможность использования неограниченного перечня гамма-излучающих радионуклидов.

1.5.5 Выполнение измерений активности установкой обеспечивается при наличии градуировки по энергии спектрометра и калибровки по эффективности регистрации гамма-излучения в установленных геометриях.

1.6 Маркировка и пломбирование

1.6.1 Маркировка установки наносится непосредственно на корпус изделий или на таблички, прикрепляемые к техническим средствам установки.

Маркировка контейнера свинцовой защиты содержит:

- товарный знак или обозначение предприятия-изготовителя;
- наименование или условное обозначение установки;
- порядковый номер установки по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- код степени защиты установки по ГОСТ 14254;
- год выпуска установки;
- напряжение, мощность или ток, частота электропитания установки;
- место для нанесения проектного идентификатора (ККС) установки;
- условное обозначение контейнера свинцовой защиты.

Знак утверждения типа средства измерений на корпусе установки не наносится, размещается на эксплуатационной документации.

1.6.2 На корпус БД прикрепляются табличка, которая содержит следующие маркировочные обозначения:

- товарный знак или обозначение предприятия-изготовителя;
- условное обозначение БД;
- порядковый номер БД по системе нумерации предприятия-изготовителя.

1.6.3 На корпус СУ прикрепляется табличка, содержащие следующие маркировочные обозначения:

- товарный знак или обозначение предприятия-изготовителя;
- наименование или условное обозначение СУ;
- порядковый номер СУ по системе нумерации предприятия-изготовителя.

1.6.3 Место и способ нанесения маркировки на технические средства, входящие в состав спектрометра, соответствуют конструкторской документации.

1.6.4 Все технические средства, входящие в состав спектрометра, опломбированы в соответствии с конструкторской документацией.

1.6.5 Маркировка каждой упаковки комплекта поставки содержит:

- манипуляционные знаки, указывающие на способы обращения с грузом;
- информационные надписи, содержащие массы брутто и нетто грузового места;
- наименование грузополучателя и пункта назначения;
- сквозной номер упаковки для идентификации комплекта поставки установки:

A/B,

где А – номер транспортной тары (упаковки) в поставке;

В – количество ящиков транспортной тары (упаковок) на каждую установку.

1.7 Упаковка

1.7.1 Упаковка установки проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 23170-78 категории КУ-2 или КУ-3. Внутренняя упаковка соответствует требованиям ГОСТ 9.014-78 для группы III, вариант защиты В3-10, вариант упаковки ВУ-5.

Рекомендации по консервации и расконсервации установки изложены в разделе

1.7.2 Упаковка рассчитана для перевозки железнодорожным, автомобильным, морским и авиационным транспортом.

1.7.3 Упаковка производится в закрытых вентилируемых помещениях с температурой окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 40°C и относительной влажностью воздуха до 80 % при температуре плюс 25°C и содержанием в воздухе коррозийных агентов, не превышающим установленного для атмосферы типа I по ГОСТ 15150-69.

1.7.4 Блок детектирования, поставляемый совместно или раздельно с сосудом Дьюара, для транспортировке и длительного хранении упаковывается в специальную упаковку производителя, состоящую из деревянного ящика с уплотнителем. Использование другой упаковки не допускается. Упаковывать БД следует только в расхоложенном состоянии (нагретом до температуры окружающего воздуха).

1.2.1

2 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И ПОРЯДОК РАБОТЫ

2.1 Подготовка установки к работе

2.1.1 Извлечь установку и ее комплектующие из упаковки, произвести их внешний осмотр, обращая внимание на отсутствие механических повреждений.

2.1.2 Произвести размещение установки таким образом, чтобы зоны обслуживания спектрометра гамма-излучения составляли не менее 1000 мм со стороны выдвижения крышки свинцового контейнера и со стороны устройства заливки жидкого азота.

Рекомендуемое расстояние с остальных сторон ~1000 мм.

ПК и принтер размещаются рядом со спектрометром гамма-излучения на лабораторном столе. Для их размещения необходима поверхность стола с размерами не менее 700×1200 мм.

Произвести монтаж контейнера свинцовой защиты на столе-основании в соответствии с ПБАВ.414411.002ИМ «Установка стационарная гамма-спектрометрическая на основе ОЧГ-детектора для измерения активности проб СКГ-1003. Инструкция по монтажу элементов низкофоновой защиты установки».

2.1.3 Подключить защитное заземление к клемме заземления контейнера свинцовой защиты с помощью проводов заземления.

2.1.4 Произвести сборку и подключение остальных технических средств установки, не указанных в ПБАВ.414411.002ИМ в соответствии со схемой электрической подключений (Приложение Б).

Внимание! Не монтировать установку рядом с работающей силыноточной аппаратурой, создающей большие помехи (силовые и сварочные трансформаторы, электродвигатели и пр.).

2.1.5 Перед началом работы с установкой следует ознакомиться с документами, которые прилагаются к установке.

2.1.6 Произвести заправку сосуда Дьюара установки жидким азотом в соответствии с указаниями КЕБР.412911.005РЭ «Устройство дозаправки блоков детектирования жидким азотом ТР-35. Руководство по эксплуатации»:

Внимание! Перед наполнением сосуда Дьюара жидким азотом необходимо отключить напряжение питания установки.

- 1) Проверить положение вентилей сосуда Дьюара ТР-35 согласно инструкции.
- 2) Дождаться установления давления 0,5 бар в сосуде Дьюара ТР-35.
- 3) Подсоединить гибкий шланг для перелива жидкого азота к соединителю заправки/перекачки ТР-35 и к соединителю заправки установки (стола) при помощи накидных гаек.
- 4) Медленно открыть вентиль заправки/перекачки ТР-35. После прекращения интенсивного испарения открыть вентиль полностью.
- 5) После 100 % заполнения дозаправляемого сосуда Дьюара установки закрыть вентиль заправки/перекачки ТР-35 и вентиль создания давления ТР-35. Полнота заполнения сосуда Дьюара установки определяется по шкале датчика уровня азота.

6) Через 5 – 10 минут после завершения перекачки отсоединить гибкий шланг.

Внимание! При работе с жидким азотом необходимо соблюдать особую осторожность. Попадание жидкого азота в глаза и на открытые участки кожи может привести к тяжёлым ожогам. Необходимо применять защитные перчатки и очки.

Не допускается подключение БД при отсутствии жидкого азота.

2.1.7 Для охлаждения БД после первой заливки необходимо выдержать в установку в нерабочем состоянии в течение 8 часов.

Следует соблюдать указанное время охлаждения БД после проведения ремонта установки или длительного отключения установки от электропитания, когда требуется провести обязательный цикл нагревания-охлаждения детектора.

В остальных случаях после пополнения сосуда Дьюара жидким азотом допускается переходить к включению аппаратуры.

2.1.8 Необходимо регулярно заполнять сосуд Дьюара жидким азотом по сигналу измерителя уровня жидкого азота. Контроль регулярности заполнения сосуда Дьюара позволяет следить за появлением возможных его утечек (повышенный расход жидкого азота свидетельствует о появлении вакуумной течи в криостате или сосуде Дьюара).

Желательно установить постоянное расписание поставки жидкого азота и заполнения сосуда Дьюара. Рабочая температура БД не должна превышать порогового значения, которому соответствует подача рабочего напряжения на детектор.

При повышении температуры до порогового значения возникает запрет на подачу высокого напряжения. В этом случае необходимо провести обязательный цикл нагревания-охлаждения детектора:

Внимание! При запрете подачи высокого напряжения на БД вследствие превышения температурой детектора порогового значения, необходимо предварительно нагреть детектирующую систему до комнатной температуры, а затем вновь охладить до температуры жидкого азота, чтобы предупредить поломку БД.

Следует избегать повторения цикла нагревания-охлаждения БД.

2.1.9 Включить питание установки, ПК, СУ.

2.2 Настройка спектрометра

2.2.1 Аппаратурная настройка СУ осуществляется на заводе-изготовителе.

2.2.2 В соответствии с руководством по эксплуатации СУ установить необходимое значение высокого напряжения детектора и полярность, указанное в паспорте БД.

Для СУ Multispectrum HYBRID установить в соответствии с руководством по эксплуатации постоянную времени формирования, указанную в паспорте БД, и скорость передачи данных через порт RS-232S, равную 115,2 кбит/с.

2.2.3 Дать прогреться электронной аппаратуре 30 мин.

2.2.4 Установить в USB-порт электронный ключ ПО SpectraLineGP, в соответствии с РП ПО загрузить ПО SpectraLineGP.

2.2.5 Установить параметры спектрометра (конфигурацию) в строгом соответствии с указаниями РЭ СУ через пункт меню **Файл/Параметры конфигурации**.

Внимание! Заводская настройка установки обеспечивает наличие конфигурации в памяти ПК. Информация о конфигурации установки хранится в папке «LSRM/Work».

Допускается установка конфигурации в процессе пуско-наладки установки.

Ниже в качестве примера приведен порядок установки параметров конфигурации спектрометра для СУ Multispectrum HYBRID.

При первом включении необходимо:

- выбрать пункт меню **Файл/Параметры конфигурации** или нажать кнопку  на инструментальной панели;

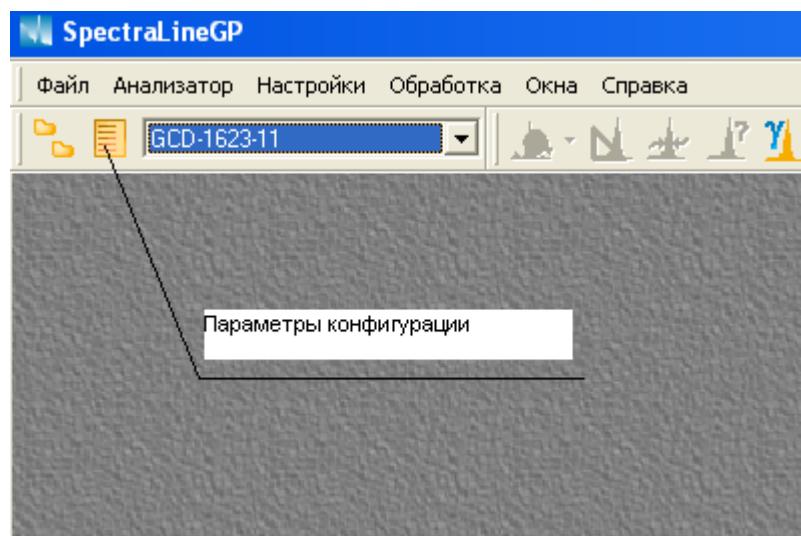


Рисунок 2.1 – Инструментальная панель

- из окна управления конфигурациями заполнить общие данные установки и выбрать **Производитель АЦП**;

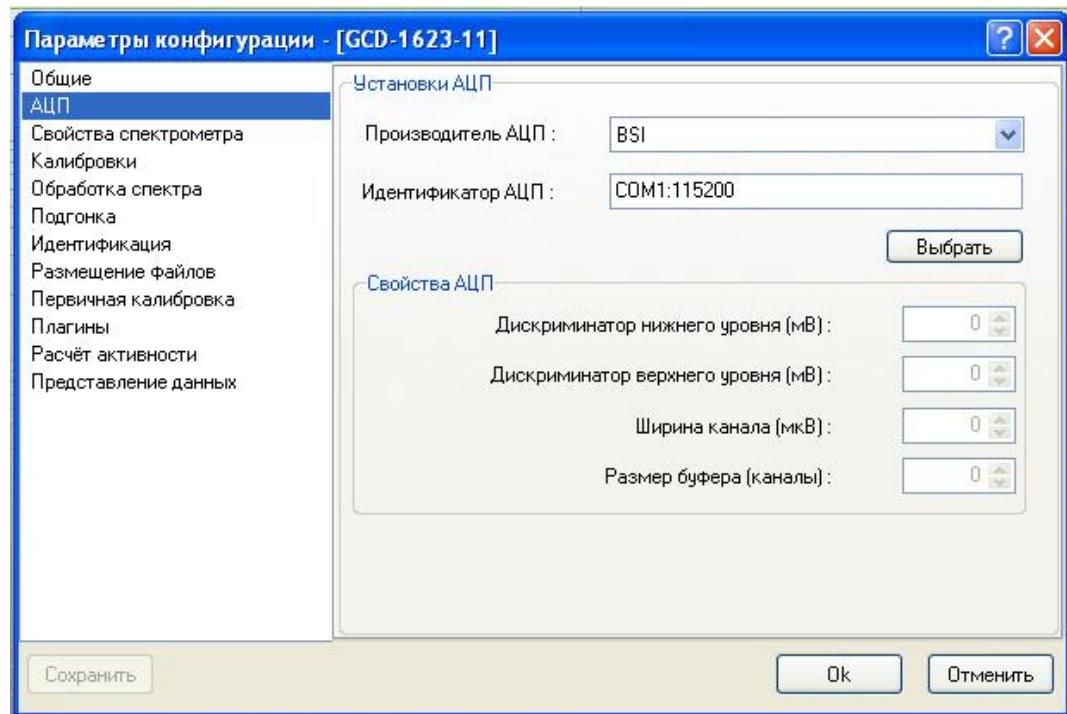


Рисунок 2.2 – Панель установки параметров

- установить режим работы с аппаратурой с помощью выпадающего списка **Производитель АЦП/BSI** – использование драйверов и аппаратуры фирмы BSI;
- Нажать кнопку **Выбрать** и задать нужные настройки для подключения устройства через COM-порт в окне **Device parameters**;

Выбрать **Device model – SP300**;

- **Port** – выбрать порт в соответствии с подключением;

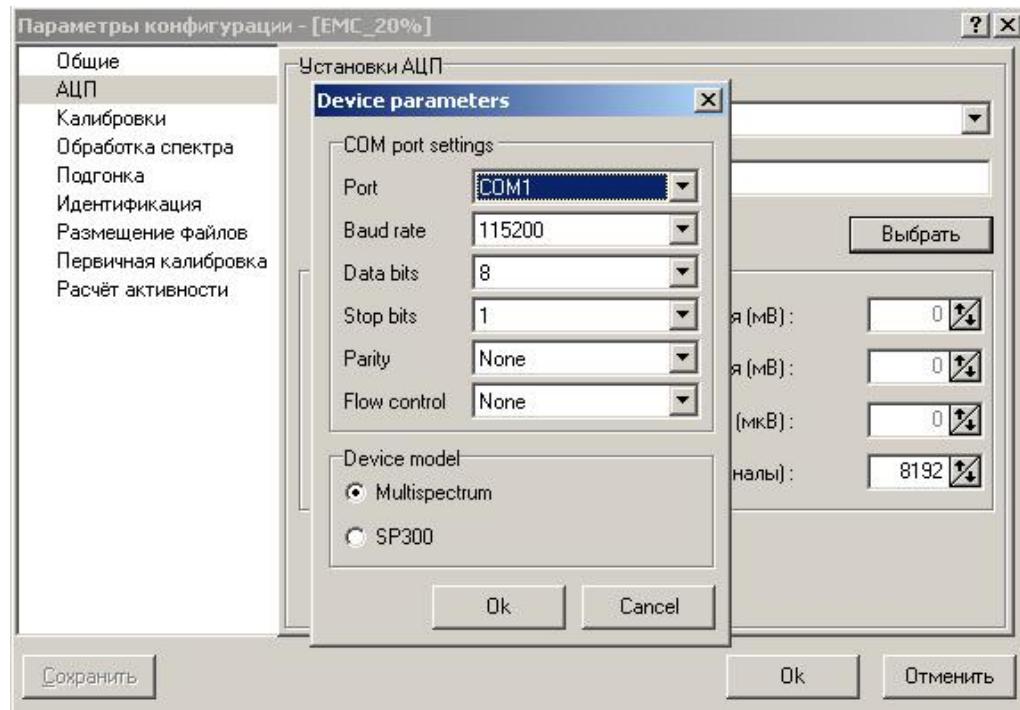


Рисунок 2.3 – Установка параметров АЦП Multispectrum HYBRID

- Проверить соответствие параметров, указанным на рисунке, и, последовательно, нажимая кнопки **OK**, закрыть окна конфигурации;

В случае изменения параметров необходимо нажать кнопку **Сохранить** в окне **Параметры конфигурации**;

- Выбрать пункт меню **Анализатор/Открыть** или нажать кнопку  на инструментальной панели для открытия рабочего окна анализатора

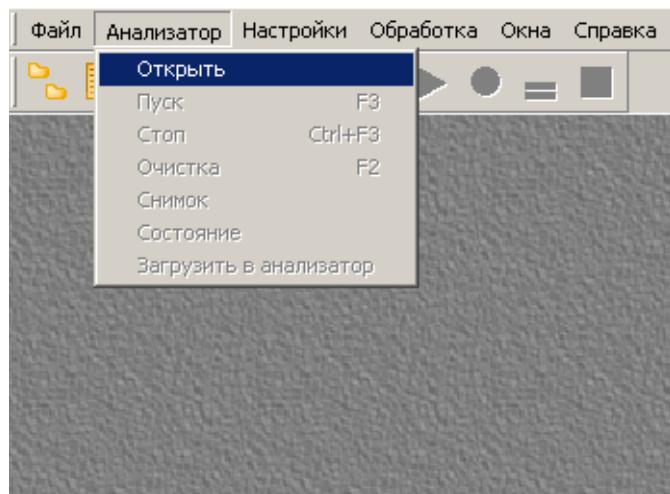


Рисунок 2.4 – Открытие рабочего окна анализатора

2.2.6 При повторных включениях установки подключение осуществляется автоматически, и в начале работы, после включения соответствующего СУ достаточно

выбрать **Анализатор/Открыть** или нажать пиктограмму .

2.2.7 Провести настройку (изменение при необходимости) параметров спектрометра в соответствии с разделом «Настройка параметров» РЭ СУ.

Ниже в качестве примера приведен порядок настройки параметров спектрометра для СУ Multispectrum HYBRID. Порядок настройки СУ DigiSpectrum указан в РЭ СУ.

Настройка производится следующим образом:

- Разместить источник ^{228}Th из набора ОСГИ²⁾ в устройстве для поверки над БД по его оси, интегральная загрузка «Rate», фиксируемая по ЖКИ индикатору должна находиться в пределах 500 – 3000 имп./с;

Примечание²⁾ – Допускается использовать другие точечные источники.

- В соответствии с указаниями РП SpectraLineGP, набрать спектр Th-228 при экспозиции ~ 100 с и определить центроиду пика полного поглощения с энергией 2614 кэВ в каналах.

- В соответствии с РЭ СУ Multispectrum HYBRID установить тумблер «КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ» «Грубо» («GAIN») в одно из положений, а также потенциометр «Плавно» (усиление плавно) в положения, при которых набор спектра Th-228 обеспечивает расположение центроиды пика полного поглощения с энергией 2614 кэВ в

ПБАВ.414411.002РЭ

каналах 7800 , 7810; это обеспечит верхнюю границу диапазона энергий регистрируемых квантов ~ 3000 кэВ.

- В соответствии с РЭ СУ Multispectrum HYBRID, произвести подстройку цепи компенсации полюса нулем «ПОЛЮС/НОЛЬ» («PZ»), наблюдая на экране осциллографа отсутствие отрицательного и положительного выбросов линейного выходного сигнала с выхода «ВЫХОД» («LIN.OUT»).
- В соответствии с РЭ СУ Multispectrum HYBRID, произвести подстройку временного канала СУ Multispectrum HYBRID, определяемого шумами спектрометрического тракта.
- Повторить набор спектра источником ОСГИ Th-228 за время ~ 300 с, установив его на прежнее место, произвести набор спектра, зафиксировать значения центроид пиков полного поглощения с энергией 238 кэВ и 2614 кэВ и в соответствии с РП SpectraLineGP провести начальную энергетическую градуировку шкалы установки в линейном приближении по двум точкам.

Руководствуясь РЭ СУ Multispectrum HYBRID, установить (при необходимости) нижнюю границу диапазона энергий регистрируемых квантов.

Без особой необходимости не рекомендуется производить изменение параметров.

2.2.8 Установить остальные параметры конфигурации спектрометра через меню **Файл/Параметры конфигурации** ПО SpectraLineGP в соответствии с указаниями РП:

- Общие параметры конфигурации **Общие** (имя конфигурации, тип, информация о БД).
- Параметры анализатора **АЦП**.
- Параметры калибровок **Калибровки** (устанавливаются путем к файлам энергетической градуировки и калибровки по полуширине после измерения соответствующих спектров).
 - Параметры обработки спектра **Обработка спектра** (устанавливаются границы обработки спектра, чувствительность поиска, путь к фоновому спектру и метод учета фона).
 - Параметры подгонки спектра **Подгонка**.
 - Параметры идентификации **Идентификация** (устанавливается энергетическое окно идентификации и путь к файлу библиотеки нуклидов).
 - Параметры размещения файлов **Размещение файлов** (устанавливаются каталоги-папки для сбора: спектров измерения и данных для обработки спектров, сценарии обработки спектров и файл описания эталонных источников и файл отчетов, рисунок 2.5).
 - Параметры первичной калибровки **Первичная калибровка**.
 - Параметры расчета активности **Расчет активности** (устанавливается путь к файлам эффективности регистрации, библиотеке поправок и библиотеке эталонных спектров при необходимости).
 - Параметры **Представления данных** (устанавливается уровень значимости и нижние границы погрешностей для предоставления результатов измерения активности пробы).

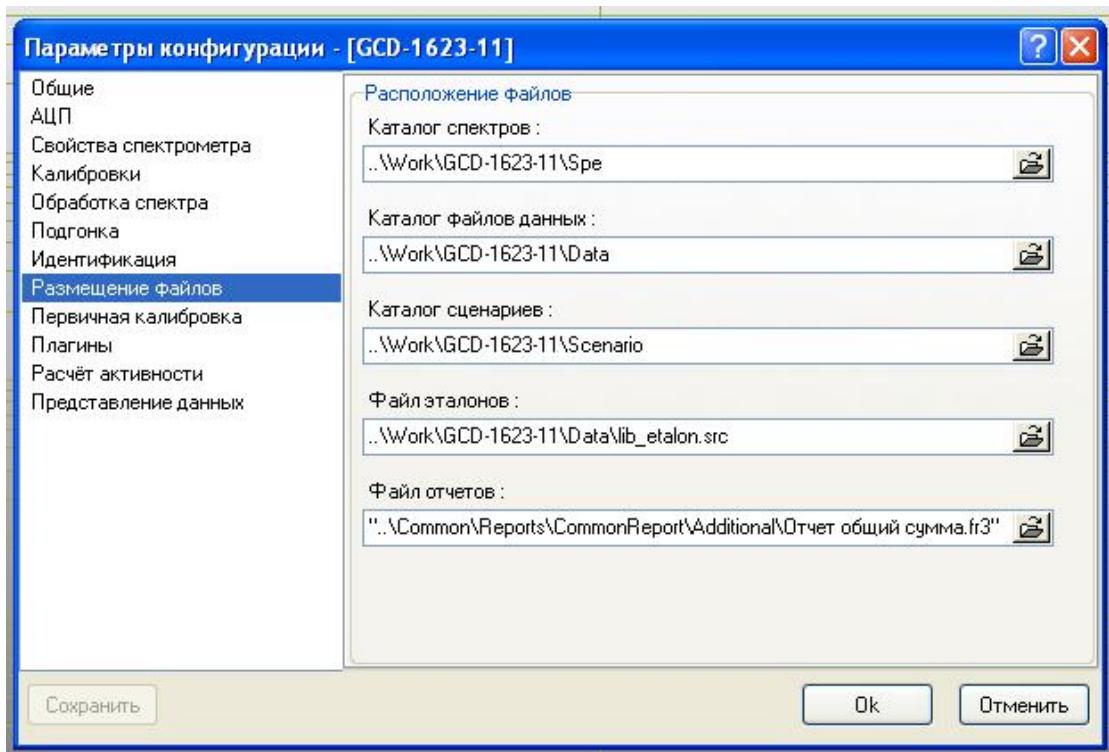


Рисунок 2.5 – Меню параметров конфигурации спектрометра установки «Размещение спектров».

Для сохранения введенных параметров уже существующей конфигурации в файле на диске нажмите кнопку **Сохранить**.

2.3 Энергетическая градуировка и калибровка спектрометра по чувствительности (эффективности) регистрации гамма-излучения

2.3.1 Используемые термины

Градуировка спектрометра по энергии – процедура устанавливающая зависимость энергии пика полного поглощения от его положения в каналах. В РП ПО используется термин «Калибровка по энергии».

Калибровка спектрометра по эффективности – определение эффективности регистрации гамма-квантов в пиках полного поглощения в рабочем диапазоне энергий для заданной геометрии измерения - точечной и объемной, путем моделирования типа счетного образца с помощью точечного источника или объемных сыпучих источников гамма-излучения типа ОМАСН, воспроизводящих геометрию и свойства поглощения гамма-излучения счетного образца.

2.3.2 Калибровочные и контрольные источники

Для градуировки спектрометра по энергии должен использоваться точечный источник Eu-152 типа ОСГИ-3 или спектрометрический гамма - источников ИМН-Г-1 по МГФК.412128.001ТУ (далее источник типа ОСГИ) с активностью 10^3 - 10^4 Бк или источник типа ОСГИ на основе смеси радионуклидов Am-241 и Eu-152 с активностью 10^3 - 10^4 Бк. Допускается использование набора любых источников ОСГИ с пиками полного поглощения в начале и конце диапазона энергий регистрируемого установкой гамма-излучения.

Калибровочные (градуировочные) источники должны иметь действующие свидетельства о поверке.

Для контроля чувствительности спектрометра, правильности работы ПО и стабильности работы установки должен использоваться точечный источник Eu-152 типа ОСГИ с активностью 10^3 - 10^4 Бк. Допускается использование источников ОСГИ Cs-137, Со-60, или других источников гамма-излучения с аттестованной погрешность, доступных оператору для регулярной работы.

Для калибровки спектрометра по эффективности регистрации гамма-излучения необходимы объемные сыпучие источники гамма-излучения типа ОМАСН - рабочие эталоны единицы активности/удельной активности (Бк или Бк/кг), с погрешностью аттестации не более 5-7 % или спектрометрические гамма - источники ИМН-Г по МГФК.412128.001ТУ (далее ОМАСН). ОМАСН изготавливаются в виде наполнителя с различной плотностью, пропитанного образцовым раствором радионуклида или смеси радионуклидов активностью от 10 Бк до 100 кБк. Желательно использовать набор источников различных плотностей, отличающихся друг от друга не более чем на 0,5 г/см³ и перекрывающих диапазон возможных плотностей измеряемых проб.

Калибровочные источники должны иметь действующие свидетельства о поверке.

В качестве контейнеров для ОМАСН используются унифицированные по объему и по форме емкости, соответствующие измеряемым пробам:

- сосуд Маринелли объемом 1,0 л (только для калибровки СКГ-1003);
- цилиндрические сосуды объемом от 0,005 до 1,0 л;
- чашки Петри диаметром от 40 до 100 мм;
- бюксы (только для калибровки СКГ-1003-01).

Рекомендуется выбирать радионуклиды ОМАСН из следующего перечня: Am-241, Cs-134, Cs-137, Со-57, Со-60, Na-24, K-40, I-131-I-135 и пр. радионуклиды техногенного происхождения.

В качестве источников для калибровки по эффективности регистрации могут использоваться образцовые радиоактивные растворы указанных радионуклидов в указанных емкостях.

Объемные источники необходимы лишь при первичной калибровке спектрометра и не требуются в процессе эксплуатации.

Спектры определения кривых эффективности регистрации при первичной калибровке сохраняются в памяти ПК при первичной поверке и используются для калибровки спектрометров методом эталонных спектров в соответствии с описанием РП SpectraLineGP.

При гамма-спектрометрическом анализе модельным методом, достаточно получить зависимость эффективности регистрации с использованием источника Eu-152 средней плотности. В этом случае в ПО реализован учет различия в самопоглощении источников различных плотностей.

Активность источников выбирается такой, чтобы они создавали загрузку не более 5000 имп./с и существенно превышали фон, как правило, это несколько кБк.

2.3.3 Градуировка спектрометров по энергии.

2.3.3.1 При вводе гамма-спектрометра в эксплуатацию или после ремонта проводят первичную настройку спектрометра в ПО SpectraLineGP, включающую:

- **Первичную калибровку** – процедуру получения приблизительных калибровочных данных перед началом основной работы с ПО,
- **Калибровку по энергии** – процедуру точного установления зависимости энергии пика от его положения в каналах,
- **Калибровку по полуширине** пика – процедуру установления зависимости полуширины пика от энергии (подгонки пика по полуширине), которая проводится после калибровки по энергии.

Перед проведением калибровок спектры должны быть размечены с помощью процедуры поиска пиков, которая служит для автоматического обнаружения пиков и определения их положения.

Если результаты работы с заданным в настройках конфигурации файлом пика-образа не удовлетворительные, необходимо провести калибровку по форме пика.

Процедуры проводят в соответствии с указаниями РП SpectraLineGP.

2.3.3.2 В процессе работы установки градуировку по энергии и полуширине пика проводят по мере необходимости. Необходимость повторной градуировки выявляют при проведении контроля качества результатов измерений в соответствии с методикой выполнения измерений (далее МРК) из комплекта поставки установки.

2.3.3.3 Порядок действий оператора при выполнении градуировки по энергии:

- 1) Разместить эталонный источник ОСГИ (см. 2.3.2) в приспособления для поверки или кармане источников ОСГИ в крышке контейнера свинцовой защиты (при наличии в конструкции установки). Установить приспособление для поверки над БД. Закрыть крышку контейнера свинцовой защиты.
- 2) Задать время набора спектра для градуировки. При активности эталонного источника 10^4 Бк «живое время» должно составлять не менее 60 секунд, рекомендуемое время -3600 с. Запустить набор спектра.
- 3) Обработку спектра, расчет градуировочной характеристики и сохранение результатов градуировки провести в соответствии с указаниями «**Калибровка по энергии**» РП SpectraLineGP. По умолчанию результаты градуировки сохраняются в подкаталоге «Data» каталога с названием конфигурации установки.

2.3.4 Калибровка спектрометров по эффективности.

2.3.4.1 Калибровку спектрометра по эффективности регистрации гамма-излучения проводят при вводе установки в эксплуатацию, после дополнительной настройки спектрометра, после ремонта, а также при необходимости введения новой геометрии. Процедура проводится в соответствии с разделом «**Калибровка по эффективности**» РП SpectraLineGP.

2.3.4.2 Порядок действий оператора при выполнении калибровки по эффективности для точечной и неточечной геометрии одинаков, различие состоит лишь в использовании соответствующих источников: ОСГИ для точечной геометрии рекомендуется устанавливать в дистансерном устройстве, и объемного источника для неточечной геометрии в соответствии с таблицей 2.1. Далее порядок действий указан на примере использования объемных источников:

- Провести измерения спектров ОМАСН (в соответствии с 2.3.2) следующих геометрий:

Таблица 2.1 – Аттестуемые объемные геометрии измерений

№ п/п	Аттестуемая геометрия			Исполнение установки
	Вид сосуда с ОМАСН	Положение сосуда	Наличие вольфрамового коллиматора	
1	Сосуд Маринелли объемом 1,0 л	На детекторе соосно	-	СКГ-1003
2	Чашки Петри диаметром от 40 до 100 мм	На детекторе соосно	-	СКГ-1003, СКГ-1003-01
3	Чашки Петри диаметром не более 40 мм	На вольфрамовом коллиматоре соосно детектору	+	СКГ-1003-01
4	Бюксы объемом до 30 см ³	На детекторе соосно	-	СКГ-1003-01
5	Бюксы объемом до 30 см ³	На вольфрамовом коллиматоре соосно детектору	+	СКГ-1003-01
6	Цилиндрические стеклянные сосуды (при наличии таковых проб)	На детекторе соосно	-	СКГ-1003, СКГ-1003-01

Указанная в таблице 2.1 геометрия измерений должна соответствовать измеряемым пробам. Время измерений задать исходя из площади наименее статистически определяемого из пиков, участвующих в калибровке по эффективности. Количество импульсов в этом пике должно быть не менее 1000.

- Источники ОМАСН должны быть аттестованы по активности (или удельной активности) в установленном порядке. Данные по активности источников занести файл паспортов.
- После набора и сохранения спектров провести расчет эффективности регистрации с помощью ПО установки в соответствии с указаниями РП SpectraLineGP, построить «кривую» эффективности и сохранить полученные результаты в настройки конфигурации. По умолчанию результаты калибровки по эффективности сохраняются в подкаталоге «Data».

Результатом выполнения данной процедуры является полиномиальная кривая зависимости эффективности регистрации по пикам полного поглощения от энергии. Эту зависимость используют в дальнейшем при обработке спектров счетных образцов (проб) для расчета активностей идентифицированных нуклидов.

2.3.5 Измерение фона

Измерение фонового спектра производить не реже одного раза в месяц за время не менее 8 часов. Файл фонового спектра должен содержать список пиков, для чего необходимо

проводить его обработку и сохранить в фоновый файл. Для измерения и сохранения фона используют соответствующую опцию ПО SpectraLineGP.

Для измерения фона:

- 1) Установить в контейнере свинцовой защиты на блок детектирования фоновый образец. В качестве фонового образца использовать чистый сосуд из числа установленных геометрий. При измерении фона в геометрии Маринелли в качестве фонового образца использовать контейнер Маринелли с дистиллированной водой.
- 2) Если обнаружено превышение фона и изменения связаны с радиоактивным загрязнением спектрометра, следует произвести смену защитного колпака БД (съемный полиэтиленовый пакет), при необходимости провести дезактивацию загрязненных поверхностей и повторить измерения фона.
- 3) Если же выяснить причины изменения фона и устраниТЬ их источники не удается, необходимо провести новые измерения фоновых характеристик.
- 4) Сохранить спектр в подкаталоге «SPE» каталога с названием конфигурации установки.

2.4 Работа с установкой

Работа с установкой проводится в следующем порядке:

2.4.1 Включить установку, установить электронный ключ в порт USB ПК и запустить ПО SpectraLineGP.

2.4.2 После выхода установки на рабочий режим провести оперативный контроль фона в течение не менее 10 мин в соответствии с указаниями 2.3.5., убедиться в отсутствии превышения фона или устраниТЬ причину превышения и измерить новый фоновый спектр.

2.4.3 Провести оперативный контроль чувствительности спектрометра, правильности работы ПО SpectraLineGP и стабильности работы установки путем измерения активности источника ОСГИ (см. 2.3.2) в соответствии с МРК из комплекта поставки установки.

Контроль установки производится регулярными (не реже 1 раза в неделю) измерениями образцового источника ОСГИ с записью результатов в журнале контрольных измерений.

При неудовлетворительных результатах контроля установить и устраниТЬ причину расхождений (неправильная градуировка по энергии, изменение фона спектрометра, промах оператора и т.п.). Если устраниТЬ причину не удается, установка подлежит ремонту, первичной поверке, градуировке и калибровке.

2.4.4 Подготовить пробу для измерения в соответствии с МРК. При необходимости определения удельной активности пробы в Бк/кг взвесить предварительно пустой сосуд и сосуд с пробой, рассчитать массу счетного образца пробы в граммах с погрешностью не более 1 %. Записать полученное значение.

При необходимости определения объемной активности в $\text{Бк}/\text{м}^3$ (или $\text{Бк}/\text{дм}^3$) измерить объем счетного образца в миллилитрах с погрешностью не более 1 %. Записать полученное значение.

2.4.5 Открыть крышку контейнера свинцовой защиты и разместить на крышке БД подготовленную к измерениям пробу в аттестованной геометрии (таблица 2.1) соосно БД.

При измерении высокоактивных проб на установке СКГ-1003-01 в контейнере свинцовой защиты разместить вольфрамовый коллиматор над детектором и разместить на вольфрамовом коллиматоре пробу соосно отверстию коллиматора.

Выбор геометрии измерения пробы с вольфрамовым коллиматором или без него осуществляется в следующем порядке:

- 1) Запустить пробный набор спектра подготовленного счетного образца пробы, установив сосуд со счетным образцом непосредственно на БД: через пункт меню ПО «Анализатор/Пуск» или нажать кнопку  инструментальной панели, «Время и режим набора» – «Без ограничений».
- 2) Определить загрузку спектрометра, регистрируемую в статусной (подстрочной) строке файла спектра в окне «Загрузка». При превышении загрузки значения $1 \cdot 10^4$, остановить набор спектра и перейти к измерениям пробы с коллиматором. При удовлетворительной загрузке спектрометра приступить к измерениям пробы в данной геометрии.
- 3) Установить вольфрамовый коллиматор при условии превышении загрузки спектрометра, установить пробу в сосуде над коллиматором соосно его отверстию. Определить загрузку спектрометра в окне «Загрузка». При удовлетворительной загрузке спектрометра приступить к измерениям пробы в данной геометрии.
- 4) При превышении загрузки значения $1 \cdot 10^4$, остановить набор спектра, разбавить пробу в $10 \div 100$ раз и перейти к измерениям разбавленной пробы.

2.4.6 Ввести параметры пробы в ПО SpectraLineGP в соответствии с указаниями раздела «Запуск анализатора» РП SpectraLineGP: через пункт меню Анализатор/Пуск/Свойства спектра. В появившемся окне Свойства спектра отображаются следующие параметры:

- Название файла спектра в изменяемом поле ввода **Имя**.
- Тип измеряемого спектра в редактируемом выпадающем списке **Тип измерения**. Этот параметр позволяет задавать дополнительную пользовательскую классификацию измерений. Список типов измерений хранится в конфигурационном файле.
- Начало и конец отбора пробы в редактируемых полях **Начало отбора**, **Конец отбора**.
 - Продолжительность отбора пробы в поле **Продолжительность**.
 - Дата и время измерения в редактируемом поле **Дата измерения**.
 - Живое время [сек.] в редактируемом поле **Живое время, с.**
 - Реальное время [сек.] в редактируемом поле **Реальное время, с.**
 - Название детектора в редактируемом поле ввода **Детектор**.
 - Название геометрии в редактируемом выпадающем списке **Геометрия**. В нем содержатся геометрии из спектра, а также названия геометрий, для которых при заданном в поле ввода **Детектор** названии детектора существуют "кривые" эффективности в файле, установленном в настройке конфигурации **Эффективность регистрации** категории **Расчет активности**.
 - Расстояние от источника до детектора [см] в редактируемом поле **Расстояние, см.**

Расстояние устанавливается равным нулю при размещении пробы на детекторе и коллиматоре. Учет поглощения в коллиматоре (толщины коллиматора) обеспечивается при расчете эффективности регистрации в заданной геометрии.

- Масса образца [г] с погрешностью в редактируемых полях ввода **Масса, г, Погр.**
- Объем образца [мл] с погрешностью в редактируемых полях ввода **Объем, мл, Погр.**

• Материал образца в редактируемом выпадающем списке **Материалы**. В нем содержатся материал спектра, список материалов из базы данных, а также зарезервированное значение "not essential" (не существенно), при выборе которого параметры материала не будут использоваться для учета различия в самопоглощении калибровочного источника и образца спектра при расчете активности, например, как для источника ОСГИ.

• Фамилия оператора, проводящего измерения, в редактируемом выпадающем списке **Оператор**.

- Текстовые комментарии в редактируемом поле **Заметки**.

2.4.7 Провести набор спектра счетного образца за время не менее 10 мин. Точное время измерения устанавливается в соответствии с рекомендациями МРК из комплекта поставки ПО.

Через пункт меню **«Анализатор/Пуск/Свойства спектра/Выберите время и режим набора»** установить режим набора по живому времени.

Если загруженность спектрометра позволяет проводить длительные измерения спектра, рекомендуется устанавливать время набора около 60 мин для измерения низкоактивных проб. При выполнении поставленной задачи (достижения необходимой точности, установления факта, что активность пробы заключена в заданном интервале) измерение может быть остановлено, в противном случае оно продолжается.

Примечание³⁾- Не рекомендуется устанавливать продолжительность измерений более 4 часов, т.к. в этом случае случайная составляющая погрешности, как правило, уже существенно ниже систематической, и продолжение измерений не изменит общую погрешность результата.

Записать спектр в подкаталог «SPE».

2.4.8 Провести обработку спектра в соответствии с указаниями РП, установив в настройках ПО установки функцию вычитания фона при обработке полученного спектра (**«Обработка/Вычесть фон»**).

2.4.9 Рассчитать активность источника в ПО SpectraLineGP (пункт меню **«Обработка/Расчет активности/Название метода»**), выбрав соответствующую кривую эффективности по шифрам геометрии.

Внимание! Файлы расчета эффективности неточечных геометрий поставляются заводом-изготовителем в комплекте поставки установки по запросу потребителя. Файлы содержат информацию о радионуклидном составе образцового источника и геометрии измерений – типе сосуда и месте размещения: на детекторе, дистансере или коллиматоре.

Если все параметры для расчета активности источника были заданы корректно, в ПО появится окно «Активность радионуклидов». Результаты расчета активности радионуклида содержат следующие данные в табличном виде:

Активность радионуклидов				
Пересчитать активность на дату:				
Нуклид/Энергия	Площадь	Погрешность	Активность, Бк	Погрешность, %
Eu-152	4896000	8000	73700	1.2
Ir-192	900	400	13	50
Ra-226	1000	600	< 20	
Co-57	< 4000		< 30	
	122.061	< 4000	< 30	
	136.474	< 500	< 40	
Zr-95+	< 900		< 18	
not iden...	4945000	9000	-	-
fonPeaks	50	4	-	-

Рисунок 2.6 – Таблица результатов расчета активности пробы.

- Название радионуклида в столбце «Нуклид / Энергия».
- Суммарная площадь линий этого нуклида в столбце «Площадь».
- Абсолютная погрешность суммарной площади линий нуклида в столбце «Погрешность».
 - Активность нуклида (Бк) в столбце «Активность, Бк».
 - Относительная погрешность активности нуклида (%) в столбце «Погрешность, %».

Значение суммарной активности счетного образца в Бк выводится в нижней строке «Суммарная активность» протокола измерений после нажатия кнопки «Отчет».

2.4.10 Числовые данные результатов расчета активности А и их погрешности dA представлены в следующем виде:

- Если для значения параметра А и его погрешности dA выполняется неравенство $dA < K * A / 100$ (2.1),

где К – уровень значимости, устанавливаемый оператором при конфигурировании (см. раздел 3.2.2.10), то выводятся и значение параметра, и его погрешность.

- В противном случае в поле для значения выводится знак “<” и сумма абсолютного значения этого параметра. Поле для погрешности остается пустым.

2.4.11 Значение удельной или объемной активности пробы определяют делением полученного значения активности на массу (в кг) или объем пробы (в л).

2.4.12 Погрешность значений активности (Бк, $\text{Бк}/\text{дм}^3$, $\text{Бк}/\text{кг}$) рассчитывается по формуле:

$$dA = \frac{1,96 \times \sigma(A) + 1,1 \times \Theta_{\Sigma}}{\sigma(A) + \frac{\Theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}}} \times \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma}^2}{3} + \sigma^2(A)} \quad (2.2),$$

где $\sigma(A)$ - случайная составляющая погрешности измерения активности (рассчитывается автоматически);

$$\Theta_{\Sigma} = \sqrt{\sum_i \Theta_i^2} - \text{квадратичная сумма неисключенных составляющих систематической погрешности, основными из которых являются:}$$

$\Theta_{имн}$ – погрешность аттестации активности образцовых объемных источников ИМН-Г-З-Н, используемых для калибровки $\Theta_{имн} = 5-7 \%$;

$\Theta_{эфф}$ – погрешность измерения эффективности регистрации в ППП для энергии 661,6 кэВ (Cs-137) неточечной геометрии для 95 %-ного доверительного интервала, $\Theta_{кал}=6-10 \%$;

$\Theta_{кал}$ – погрешность аппроксимации калибровочной кривой, описывающей изменение эффективности от энергии; в зависимости от энергии излучения, геометрии и плотности источника параметр варьирует $\Theta_{кал}=1,0-2,0 \%$ (рассчитывается автоматически);

Θ_p – погрешность, вызванная различием плотностей и $Z_{эфф}$ калибровочного источника и реального счетного образца, приготовленного из пробы, $\Theta_p=1-5 \%$;

$\Theta_{геом}$ – погрешность, вызванная различием геометрии калибровочного источника и реального счетного образца, приготовленного из пробы, $\Theta_{геом} = 0,5-3 \%$;

Θ_V – погрешность приготовления аликовты (навески), учитываяющая погрешность весов, мерной посуды и погрешность разбавления или концентрирования исходной пробы, $\Theta_V = 0,5-2 \%$.

Подробные алгоритмы расчета активности и составляющих ее погрешности приведены в Приложениях к Методике выполнения измерений из комплекта поставки ПО «Активность радионуклидов в счетных образцах». Методика выполнения измерений на гамма-, бета-спектрометрах с использованием программного обеспечения «LSRM».

2.4.13 Получить протокол измерений пробы при нажатии кнопки **Отчет** в окне результатов измерений активности. Файл шаблона отчета установлен в параметрах конфигурации в категории **Размещение файлов**. Для сохранения файла протокола необходимо сконвертировать его в любой формат, нажав кнопку «Экспорт».

2.4.14 МРК из комплекта поставки содержит подробное описание метода измерений с использованием ПО SpectraLineGP.

2.4.15 Порядок выключения установки:

- 1) Для завершения работы с окном ПО нажать кнопку Закрыть.
- 2) В соответствии с указаниями РЭ СУ выключить подачу высокого напряжения на БД. При понижении высокого напряжения до нуля, отключить тумблер питания СУ.
- 3) Отключить питание ПК и установки.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1 Общие указания

3.1.1 Техническое обслуживание установки производится с целью обеспечения ее работоспособности в течение всего срока эксплуатации.

3.2 Порядок технического обслуживания

Техническое обслуживание производится при регулярной эксплуатации установки и состоит в пополнении сосуда Дьюара жидким азотом, общем осмотре установки, очистке от пыли и загрязнений и дезактивации, проверке стабильности работы установки.

3.2.1 Пополнение сосуда Дьюара

С целью продления срока жизни БД, при проведении непрерывных измерений (в течение рабочей недели), рекомендуется регулярно проводить заливку жидким азотом, не допуская его размораживания.

Дозаправку БД жидким азотом проводить после получения звукового сигнала измерителя уровня жидкого азота. Порядок работы заливки жидкого азота указан в 2.1.6.

3.3.2 Общий осмотр установки

Общий осмотр установки проводится для своевременного обнаружения и устранения факторов, которые могут повлиять на работоспособность и безопасность установки.

Общий осмотр производится не менее одного раза в неделю.

При общем осмотре визуально определяется состояние кабелей, надежность крепления установки (в случае стационарного размещения).

В случае необходимости проводится чистка ЖКИ СУ или других частей от пыли и загрязнений.

3.3.3 Проверка фона и дезактивация

3.3.3.1 При превышении фонового значения установки в соответствии с 2.3.5 по результатам оперативного ежедневного контроля фона или плановой проверки необходимо заменить сменный полиэтиленовый чехол БД. При повторном превышении фона приступить к дезактивации контейнера свинцовой защиты и БД.

3.3.3.2 Дезактивация наружных поверхностей спектрометра установки, внутренней поверхности контейнера винцовой защиты и БД проводится в соответствии с регламентом работ по дезактивации, действующем на предприятии.

Лакокрасочные покрытия установки дезактивируют путем влажной обтирки дезактивирующими раствором № 1 и последующим;

Узлы и блоки из нержавеющей стали дезактивируют путем влажной обтирки дезактивирующими раствором № 2.

Крышка БД дезактивируется протиркой ватным тампоном, смоченным спиртом этиловым ректификированным.

ВНИМАНИЕ! Узлы из алюминия не должны подвергаться дезактивации щелочесодержащими растворами!

Сосуд Дьюара и прочие изделия из алюминия следует дезактивировать разбавленным в 10 раз раствором №2.

После обработки поверхности ветошью, смоченной в дезактивирующем растворе, необходимо трижды обтереть поверхность ветошью, смоченной в дистиллированной воде, а затем просушить фильтровальной бумагой.

3.3.3.3 Разъемы кабельных выводов дезактивируются спиртом. Дополнительной обработки дистиллированной водой и просушки фильтровальной бумагой не требуется.

3.3.4 Техническое обслуживание СУ и ПК следует проводить не реже 1 раза в год. При этом следует осмотреть разъемы прибора и протереть их контакты спиртом, осмотреть разъемы соединительных кабелей, проверить их исправность и протереть контакты спиртом.

Техническое обслуживание ПК и принтера проводить в соответствии с рекомендациями эксплуатационной документации изделий

В случае необходимости проводится чистка ЖКИ СУ и монитора ПК или других частей от пыли и загрязнений чистой ветошью. Сухая чистка проводится с любой периодичностью.

3.3.5 Контроль стабильности работы установки

3.3.5.1 Для контроля стабильности работы установки используется процедура определения активности контрольного источника (2.4.3), проводимая с периодичностью, определяемой оператором, но не реже одного раза в неделю.

Для определения активности контрольного источника провести измерение активности А (Бк) источника ОСГИ в геометрии «Точечный источник» в соответствии с указаниями РП ПО.

После проведения измерений необходимо рассчитать ожидаемые показания активности контрольного источника ОСГИ на момент проведения измерений (Бк):

$$A_{ож} = A_0 \times e^{-0,693\lambda T_{1/2}}, \quad (3.1)$$

где A_0 – активность ОСГИ на момент аттестации из паспорта источника (свидетельства), Бк.

t – время, прошедшее со времени предыдущей поверки, лет,

$T_{1/2}$ – период полураспада контрольного источника ОСГИ.

Установку считать прошедшей контроль стабильности работы по результатам измерения активности контрольного источника, если выполняется неравенство:

$$\left| \frac{A - A_{ож}}{A_{ож}} \right| \times 100 \% \leq 10 \% \quad (3.2)$$

В противном случае необходимо провести внеочередную поверку установки.

3.3.5.2 Замену образцовых мер активности, применяемых потребителем, производить по истечении срока действия Свидетельства об аттестации на них.

4 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 Перед началом работ обслуживающий персонал должен ознакомиться с настоящим руководством по эксплуатации.

4.2 Порядок допуска персонала к работам и организация работ должны соответствовать требованиям:

«Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности» ОСПОРБ-99;

"Норм радиационной безопасности" НРБ-99/2009;

"Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей";

"Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001РД 153-34.0-03.150-00".

4.3 К эксплуатации установки допускается персонал, имеющий опыт работы со спектрометрической аппаратурой и ПК.

4.4 Персонал должен иметь квалификационную группу по технике безопасности не ниже IV (для работы с электроустановками напряжением выше 1000 В), быть проинструктированным и обученным безопасным приемам работы, а также изучить эксплуатационную документацию на блоки и устройства, входящие в состав установки.

4.5 Все лица, работающие в помещении, где эксплуатируется установка, должны пройти предварительное медицинское освидетельствование и быть допущенными к работе с источниками ионизирующих излучений.

4.6 При заливке сосудов Дьюара жидким азотом необходимо надевать защитные очки с боковыми щитками по ГОСТ 12.4.013-97 типа О или ОД и защитные рукавицы, заправленные под рукава спецодежды, следует соблюдать осторожность, избегая разбрызгивания жидкого азота, следствием чего могут являться ожоги.

4.7 Все подключения и отключения технических средств установки, а также включение СУ в сеть должны осуществляться только при выключенном (нижнем) положении тумблера напряжения питания.

5 МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

5.1 Общие положения

5.1.1 Настоящая методика поверки устанавливает порядок первичной и периодической поверки установки стационарной гамма-спектрометрической на основе ОЧГ-детектора для измерения активности проб СКГ-1003.

Методика разработана в соответствии с РМГ 51-2002 «Документы и методики поверки средств измерений. Основные положения».

5.1.2 Поверку установки проводят органы Государственной метрологической службы или другие уполномоченные органы, организации, имеющие право поверки. Требования к организации, порядку проведения поверки и форма представления результатов поверки определяются ПР 50.2.006-94 «Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений».

5.1.3 К проведению поверки спектрометра допускаются лица, аттестованные в установленном порядке в качестве поверителей с правом поверки СИ ионизирующих излучений.

5.1.4 Поверке подлежат все вновь выпускаемые, выходящие из ремонта и находящиеся в эксплуатации установки.

5.1.5 Первичная поверка проводится при выпуске вновь произведенных установок, а также при выпуске их из ремонта.

5.1.6 Периодическая поверка производится в эксплуатирующей организации.

5.1.7 Перед вводом в эксплуатацию расконсервированных установок со сроком хранения, превышающим межповерочный интервал, обязательна внеочередная поверка. Внеочередная поверка проводится в порядке, изложенном для периодической поверки.

5.1.8 Межповерочный интервал составляет два года.

5.2 Операции и средства поверки

При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства, указанные в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операции при		Наименование и тип основного средства поверки, основные метрологические характеристики
		первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	5.5.1	Да	Да	-
Опробование, идентификация программного обеспечения	5.5.2	Да	Да	Источник радионуклидный фотонного излучения метрологического назначения закрытый – точечный источник фотонного излучения ИМН-Г-1 по МГФК.412128.001ТУ на основе Со-60. Активность источника от 20 до 50 кБк, погрешность не более 6 % (Р=0,95).
	5.5.3	Да	Нет	Набор источников радионуклидных фотонного излучения метрологического назначения закрытых – точечных источников фотонного излучения ИМН-Г-1 по МГФК.412128.001ТУ на основе радионуклидов Am-241, Со-60, Eu-152. Активность источников от 20 до 50 кБк, погрешность не более 6 % (Р=0,95).
Определение диапазона энергий регистрируемых гамма-квантов и интегральной нелинейности функции преобразования	5.5.4	Да	Да	Набор источников радионуклидных фотонного излучения метрологического назначения закрытых – точечных источников фотонного излучения ИМН-Г-1 по МГФК.412128.001ТУ на основе радионуклидов Со-57, Со-60. Активность источников от 20 до 50 кБк, погрешность не более 6 % (Р=0,95).
Определение энергетического разрешения для энергий 122 кэВ и 1332 кэВ				

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операции при		Наименование и тип основного средства поверки, основные метрологические характеристики
		первичной поверке	периодической поверке	
Определение долговременной нестабильности характеристики преобразования	5.5.5	Да	Нет	Набор источников радионуклидных фотонного излучения метрологического назначения закрытых – точечных источников фотонного излучения ИМН-Г-1 Н по МГФК.412128.001ТУ на основе радионуклидов Am-241, Eu-152. Активность источников от 20 до 50 кБк, погрешность не более 6 % (Р=0,95).
Определение максимальной входной статистической загрузки от источника Со-60	5.5.6	Да	Нет	Источники радионуклидные фотонного излучения метрологического назначения закрытые – точечные источники фотонного излучения ИМН-Г-1 по МГФК.412128.001ТУ на основе Со-60. Активность источника от $5 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^6$ Бк, погрешность не более 6 % (Р=0,95).
Определение относительной эффективности регистрации в пике полного поглощения 1,33 МэВ в геометрии точечного источника на расстоянии источнико-детектор 250 мм по отношению к детектору (NaI)Tl	5.5.7	Да	Нет	Источник радионуклидный фотонного излучения метрологического назначения закрытый – точечные источники фотонного излучения ИМН-Г-1 по МГФК.412128.001ТУ на основе Со-60. Активность источника от 20 до 50 кБк, погрешность не более 6 % (Р=0,95).

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операции при		Наименование и тип основного средства поверки, основные метрологические характеристики
		первичной поверке	периодической поверке	
Определение относительной погрешности измерений активности $10^3 - 10^5$ Бк точечного источника	5.5.8	Да	Да	Источник радионуклидный фотонного излучения метрологического назначения закрытый – точечные источники фотонного излучения ИМН-Г-1 по МГФК.412128.001ТУ на основе Со-60. Активность источников от 20 до 50 кБк, погрешность не более 6 % (Р=0,95).
Определение эффективности регистрации в пиках полного поглощения в геометрии сосуда Маринелли 1 л и чашки Петри для установки СКГ-1003 и в геометрии чашки Петри и бюкса объемом 10 мл для установки СКГ-1003-01 для энергий 661,6 кэВ	5.5.9	Да	Да	Источник радионуклидный фотонного излучения метрологического назначения закрытый – объемный источник гамма-излучения насыпной ИМН-Г-3-Н по МГФК.412128.001ТУ на основе Cs-137. Удельная активность источника от 20 до 50 кБк/кг, плотность 1 г/см ³ , погрешность не более 6 % (Р=0,95).

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операции при		Наименование и тип основного средства поверки, основные метрологические характеристики
		первичной поверке	периодической поверке	
Определение диапазона измерения объемной активности Cs-137 при времени измерения 1 час	5.5.10	Да	Нет	Источник радионуклидный фотонного излучения метрологического назначения закрытый – объемный источник гамма-излучения насыпной ИМН-Г-3-Н на основе радионуклида Cs-137 (Со-60 или Eu-152). Удельная активность источника от $5 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^6$ Бк/кг, погрешность не более 6 % (Р=0,95). Эталонный (образцовый) спектрометрический источник гамма-излучения на основе радионуклида Cs-137, аттестованный по активности прямым сравнением с 10 мл стандартного раствора Активность источника от 37 до 100 МБк, погрешность не более 6 % (Р=0,95).

Допускается применение других средств поверки, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.
Используемые эталонные средства измерений должны иметь действующие поверительные клейма или свидетельства о поверке.

5.3 Требования безопасности

5.3.1 При поверке должны выполнять требования безопасности, изложенные в разделе 4 и в документации на применяемые средства поверки и оборудование.

5.4 Условия поверки и подготовка к ней

5.4.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающей среды плюс $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$,
- атмосферное давление от 86,0 до 106,7 кПа,
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %,
- мощность амбиентного эквивалентной дозы гамма-излучения

(фон вне установки)не более 0,20 мкЗв/ч,

- напряжение питающей сети(220 ± 4,4) В,

- частота переменного тока питающей сети(50 ± 0,5) Гц.

5.4.2 Вибрация, тряска, удары, влияющие на работу установки, должны отсутствовать.

Уровень внешнего фонового излучения должен быть измерен и указан в протоколе поверки.

5.4.3 Проверка установки должна выполняться в чистом помещении, не содержащем источников, сходных по составу излучения с предполагаемым излучением радионуклидов, имеющихся в образцовых источниках.

5.4.5 Средства измерений и испытательное оборудование должны быть подготовлены к работе согласно эксплуатационной документации на них.

Перед проведением поверки необходимо выдержать спектрометр гамма-излучения не менее 8 ч в условиях, указанных в 5.4.1.

5.4.6 Подготовку установки к поверке следует проводить согласно указаниям 2.2 настоящего РЭ. По достижении температуры детектора, близкой к температуре жидкого азота включить установку, поднять высокое напряжение и выдержать установку в рабочем состоянии в течение 30 минут.

5.4.7 Проверку установки следует проводить с использованием ПО SpectraLineGP (далее ПО установки). Расчет метрологических параметров в ПО установки осуществляется по формулам, указанным в методике «Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-, бета-спектрометрах с использованием программного обеспечения «LSRM» и описании «LSRM. Алгоритмические основы» из комплекта поставки ПО установки.

5.4.8 Для размещения источников ИМН-Г-1 в контейнере свинцовой защиты следует использовать дистансерные устройства:

- приспособления для поверки ПП-50/1003 установки СКГ-1003,

- приспособление для поверки ПП-10/1003 установки СКГ-1003-01,

- карманы источников ИМН-Г-1 в крышке контейнера свинцовой защиты (при наличии в конструкции установки).

5.4.9 Для градуировки установки по энергии и получения кривых эффективности регистрации (калибровка по эффективности) с помощью ПО установки следует использовать образцовые меры активности с аттестованной относительной погрешностью измерений не более 6 %.

5.5 Проведение поверки и обработка результатов измерений

5.5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие комплектности установки, указанной в паспорте ПБАВ414411.002РЭ;
- наличие эксплуатационной документации;
- отсутствие дефектов, влияющих на работу установки;
- наличие клейм предыдущей поверки.

5.5.2 Опробование, идентификация программного обеспечения

Опробование установки провести после истечения времени установления рабочего режима в следующем порядке:

- 1) В дистансерном устройстве установки закрепить источник Со-60 из комплекта ИМН-Г-1 и закрыть крышку контейнера свинцовой защиты.
- 2) В ПО установки загрузить конфигурацию установки, соответствующую типу детектора и СУ, геометрии измерений; при первичной поверке необходимо провести настройку ПО согласно руководству пользователя «Комплекс программного обеспечения SpectraLineGP. Прецизионная обработка гамма-спектров» (далее РП ПО).
- 3) Нажать кнопку «Пуск» для набора спектра;
- 4) Убедиться в том, что сигналы от детектора проходят через усилительный тракт спектрометра и регистрируются СУ, установка производит набор спектра. Форма пика амплитудного распределения должна описываться плавной огибающей кривой и иметь форму, близкую к симметричной.
- 5) Провести идентификацию программного обеспечения (далее - ПО).
При идентификации ПО проверить соответствие:
 - идентификационных наименований ПО, указанного в технической документации и выводимого в окне интерфейса пользователя;
 - номера версии (идентификационного номера) ПО, указанного в технической документации и выводимого в окне интерфейса пользователя;
 - контрольной суммы ПО, указанной в технической документации и выводимой на экран монитора при проверке, для чего войти в основное меню ПО SpectraLineGP, открыть закладку «Справка/О программе» и проверить полученную информацию на соответствие указанной в таблице 1.5 настоящего РЭ, и соответствие подключенных спектрометрических трактов указанным в ПО.

5.5.3 Определение диапазона энергий регистрируемых гамма-квантов и интегральной нелинейности функции преобразования

Определение провести в следующем порядке:

- 1) Поочередно устанавливая образцовые источники Am-241, Со-60, Eu-152 из комплекта ИМН-Г-1 в дистансерное устройство установки, зарегистрировать аппаратурные спектры источников с использованием ПО установки при закрытой крышке контейнера свинцовой защиты.
- 2) Для определения ИНЛ необходимо обеспечить регистрацию не менее семи пиков полного поглощения (табл. 5.2) по всем указанным источникам таким образом, чтобы количество отсчетов в канале, соответствующем максимуму зарегистрированных пиков, было не менее 2000 импульсов.
- 3) Руководствуясь указаниями РП ПО, провести градуировку по энергии, выбрав измеренные спектры источников Am-241, Со-60, Eu-152 из списка спектров. При этом в разделе «Файл/Параметры конфигурации/Первичная калибровка» необходимо выбрать определение положения пика методом «Поиска по моментам».

В окне «Калибровка по энергии» в поле ввода «Погрешность» установить начальную величину погрешности обработки, равную максимальной погрешности для линий из таблицы 5.2. В ПО установки погрешность указывается в столбце « dE , кэВ».

Таблица 5.2 – Значение энергий пиков полного поглощения источников для определения ИНЛ

i	Энергия пика E_i , кэВ	Радионуклид
1	59,536	^{241}Am
2	121,782	^{152}Eu
3	344,281	^{152}Eu
4	964,053	^{152}Eu
5	1173,22	^{60}Co
6	1332,51	^{60}Co
7	1408,01	^{152}Eu

- 4) После проведения всех процедур градуировки по энергии и нажатия кнопки «Рассчитать» в появившемся окне появятся результаты градуировки в графическом виде с указанием значения интегральной нелинейности («ИНЛ»).

Результаты поверки считаю удовлетворительными для поверяемого диапазона энергий, если значение ИНЛ в % не превышает значения, указанного в 1.1.5.

Измерение интегральной нелинейности функции преобразования одновременно является проверкой диапазона энергий регистрируемых гамма-квантов.

5.5.4 Определение энергетического разрешения для энергий 122 кэВ и 1332 кэВ

Определение энергетического разрешения провести в следующем порядке:

- 1) Установить источник Со-60 из комплекта ИМН-Г-1 в дистансерное устройство установки, закрыв крышку контейнера свинцовой защиты.
- 2) Зарегистрировать аппаратурный спектр Со-60 с использованием ПО установки так, чтобы значения отчетов в центральном канале пика по линии 1332,5 кэВ было не менее 2000 импульсов. При этом входная статистическая загрузка не должна превышать значения 10^3 имп/с, информация о загрузке регистрируется в статусной (подстрочной) строке файла спектра в окне «Загрузка». Сохранить измеренный аппаратурный спектр Со-60.
- 3) Повторить процедуру измерения спектра Со-57, контролируя количество отсчетов в пике 122,05 кэВ. Сохранить измеренный аппаратурный спектр Со-57.
- 4) С помощью информации в статусной (подстрочной) строке файла полученного спектра в ПО установки определить ширину пика полного поглощения на полувысоте («ПШПВ») в кэВ для линии 1332,5 кэВ (Со-60) и для линии 122,05 кэВ (Со-57).

Установленные значения ПШПВ в кэВ являются абсолютным энергетическим разрешением и не должны превышать значений, указанных в 1.2.1.

5.5.5 Определение долговременной нестабильности характеристики преобразования

Определение провести в следующем порядке:

- 1) В дистанционное устройство установить источники Am-241 и Eu-152 (или Co-57, Cs-137, Co-60) из комплекта ИМН-Г-1, закрыть крышку контейнера свинцовой защиты.
- 2) Через пункт меню ПО установки «Анализатор/Пуск/Свойства спектра/Выберите время и режим набора» установить режим последовательного набора восьми спектров в течение 24 часов:
 - режим набора и остановки анализатора по реальному времени – 2 часа,
 - последовательные измерения,
 - очистка памяти АЦП после проведения очередного измерения,
 - время задержки последовательных измерений 1 час.
- 3) Произвести набор восьми суммарных гамма-спектров.
- 4) После завершения измерений определить положения центроид пиков n_1, n_2, n_3 (в каналах), выбрав три пика суммарного спектра источников по таблице 5.2, соответствующих началу, середине и концу энергетического диапазона в каждом полученном i -том спектре, и рассчитать среднее положение каждой центроиды:

$$\bar{n}_1 = \frac{\sum_{i=1}^m n_{1i}}{m}; \quad \bar{n}_2 = \frac{\sum_{i=1}^m n_{2i}}{m}; \quad \bar{n}_3 = \frac{\sum_{i=1}^m n_{3i}}{m}, \quad (5.1)$$

где $m=8$ – число измеренных спектров.

- 5) Рассчитать среднее квадратические отклонения S_1, S_2, S_3 для положения каждой центроиды S_i по формуле:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (n_i - \bar{n}_i)^2}{m-1}}. \quad (5.2)$$

Из полученных значений S_i выбрать максимальное S_{max} .

- 6) Долговременную нестабильность характеристики преобразования $D_t, \%$, вычислить по формуле:

$$D_t = \frac{S_{max} \times B}{E_{max}} \times 100 \quad (5.3)$$

где E_{max} – энергия, кэВ, соответствующая пику полного поглощения с наибольшей энергией из числа обрабатываемых пиков;

B – энергетическая ширина канала, кэВ/канал, определяемая по формуле:

$$B = \frac{E_2 - E_1}{\bar{n}_2 - \bar{n}_1} \quad (5.4)$$

E_1 и E_2 – энергии, кэВ, регистрируемые соответственно в n_1 -м и n_2 -м каналах анализатора.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если D_t в % не превышает значения, установленного в 1.2.1.

5.5.6 Определение максимальной входной статистической загрузки от источника Со-60 и ухудшения энергетического разрешения при максимальной входной статистической загрузке

Порядок определения:

- 1) Установить источник Со-60 активностью не более $1 \cdot 10^3$ Бк из комплекта ИМН-Г-1 или ИМН-Г-1 в дистансерное устройство установки, закрыв крышку контейнера свинцовой защиты. При этом значение постоянной времени формирования СУ должно быть $t = 2$ мкс, входная статистическая загрузка не должна превышать значения 10^3 имп/с.
- 2) Зарегистрировать аппаратурный спектр Со-60. Число отсчетов, зарегистрированных в пике полного поглощения, должно быть не менее 2000 для энергии 1332,5 кэВ.
- 3) Определить абсолютное энергетическое разрешение η_1 (ПШПВ, кэВ) в соответствии с 5.5.4 и зафиксировать положение максимума пика полного поглощения – центроиды n_1 (в каналах) для энергии 1332,5 кэВ.
- 4) В дистансерное устройство установить дополнительные источники Со-60, увеличив входную статистическую загрузку до $1 \cdot 10^5$ имп/с. При этом загрузка спектрометра не должна превышать указанного значения. О превышении загрузки сигнализирует красный («High Rate»), светодиодный индикатор на мониторе БД.
- 5) Зарегистрировать аппаратурный спектр Со-60 при максимальной загрузке. Число отсчетов, зарегистрированных в пике полного поглощения, должно быть не менее 2000 для энергии 1332,5 кэВ.
- 6) Определить абсолютное энергетическое разрешение η_2 в соответствии с 5.5.4 и зафиксировать положение максимума пика полного поглощения – центроиды n_2 (в каналах) для энергии 1332,5 кэВ.
- 7) Определить относительное значение изменения энергетического разрешения в % при изменении входной статистической загрузки (ухудшение энергетического разрешения) от 10^3 до $2 \cdot 10^5$ имп/с по формуле:

$$\delta_\eta = \frac{|\eta_1 - \eta_2|}{\eta_1} \times 100 \quad (5.5)$$

- 8) Рассчитать относительное значение сдвига положения пика в % для энергии 1332,5 кэВ при $t=2$ мкс и при изменении входной частотной загрузки от 10^3 до $2 \cdot 10^5$ имп/с по формуле:

$$\delta_n = \frac{|n_1 - n_2|}{n_1} \times 100 \quad (5.6)$$

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если значение δ_η , %, не превышает 10 % в соответствии с 1.2.1, а δ_n не превышает 0,5 %.

Допускается использовать метод измерения максимально входной статистической загрузки в соответствии с ГОСТ 26874 с использованием генератора импульсов.

5.5.7 Определение относительной эффективности регистрации в пике полного поглощения 1,33 МэВ в геометрии точечного источника на расстоянии источник-детектор 250 мм по отношению к детектору (NaI)Tl

Для поверки используют образцовый радионуклидный источник Со-60 из набора ИМН-Г-1 и дистансерное устройство, позволяющее устанавливать ИМН-Г-1 на расстоянии 250 мм от детектора по его оси.

Определение относительной эффективности должно проводиться при открытой крышке контейнера свинцовой защиты.

Порядок определения:

- 1) Провести градуировку спектрометра установки по энергии и калибровку по эффективности регистрации точечного источника в геометрии расположения источника в дистансерном устройстве согласно РП ПО «SpectraLineGP».
- 2) Измерить в течение не менее 3600 с живого времени фоновый спектр в отсутствие источника, сохранить полученный спектр как фоновый.
- 3) Установить источник Со-60 с активностью в диапазоне от 10^3 до 10^5 Бк из комплекта ИМН-Г-1 в дистансерное устройство. Значение относительной погрешности аттестации источника по активности не должно превышать 6 %.
- 4) Через пункт меню ПО установки «Анализатор/Пуск/Свойства спектра/Выберите время и режим набора» установить режим последовательного набора трех спектров:
 - режим набора и остановки анализатора по живому времени – от 3600 до 10800 (время определяется количеством импульсов в ППП с энергией 1332,51 кэВ, которое должно превысить значение 2000),
 - последовательные измерения,
 - очистка памяти АЦП после проведения очередного измерения,
 - время задержки последовательных измерений 10 минут.
- 5) Провести процедуру накопления спектров, установив в настройках ПО функцию вычитания фона при обработке полученного спектра («Обработка/Вычесть фон»).
- 6) Выполнить поиск пиков в ПО через меню «Обработка/Поиск пиков» или нажатием соответствующей кнопки в ПО.
- 7) В ПО установки определить значение эффективности регистрации ИМН-Г-1: пункт меню «Обработка/Калибровка по эффективности/Расчет эффективности», выбрав из открывшегося списка эталонов соответствующий источник.
- 8) Повторить процедуры измерения не менее двух раз и определить среднее значение эффективности регистрации для данного источника ИМН-Г-1.
- 9) Рассчитать значение относительной эффективности регистрации для энергии 1332,5 кэВ по отношению к детектору (NaI)Tl с чувствительным объемом $7,65 \times 7,65$ см в процентах по формуле:

$$\epsilon_{omn} = \frac{\bar{\epsilon}}{\epsilon_{NaI}} \times 100, \quad (5.7)$$

где $\epsilon_{NaI} = 0,0012$ - значение эффективности регистрации сцинтилляционного детектора (NaI)Tl с чувствительным объемом $7,65 \times 7,65$ см в пике 1332,5 кэВ;

\bar{e} - среднее значение абсолютной эффективности регистрации в пике 1332,5 кэВ для данной геометрии, измеренное на данной установке.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если $e_{отн}$ в % равно или превышает значение, установленное в 1.2.1.

5.5.8 Определение относительной погрешности измерений активности $10^3 - 10^5$ Бк точечного источника

Для поверки используют источник ИМН-Г-1 Со-60 или Cs-137.

Порядок определения:

- 1) Измерить в течение не менее 3600 с живого времени фоновый спектр в отсутствие источника в контейнере свинцовой защиты и при закрытой крышке контейнера, сохранить полученный спектр как фоновый.
- 2) Установить источник ИМН-Г-1 с активностью в диапазоне от 10^3 до 10^5 Бк в дистансерное устройство установки, закрыв крышку контейнера свинцовой защиты. Значение относительной погрешности аттестации источника по активности не должно превышать 6 %.
- 3) Через пункт меню ПО установки «Анализатор/Пуск/Свойства спектра/Выберите время и режим набора» установить режим последовательного набора трех спектров:
 - режим набора и остановки анализатора по живому времени – 1 час,
 - последовательные измерения,
 - очистка памяти АЦП после проведения очередного измерения,
 - время задержки последовательных измерений 10 минут.
- 4) Провести процедуру накопления спектров, установив в настройках ПО установки функцию вычитания фона при обработке полученного спектра («Обработка/Вычесть фон»).
- 5) Выполнить поиск пиков в ПО через меню «Обработка/Поиск пиков» или нажатием соответствующей кнопки в ПО.
- 6) В ПО установки рассчитать активность источника (пункт меню «Обработка/Расчет активности/Название метода»), выбрав соответствующую кривую эффективности по шифрам точечной геометрии и соответствующего детектора установки.
Если все параметры для расчета активности источника были заданы корректно, в ПО появится окно «Активность радионуклидов». Результаты расчета активности радионуклида содержат следующие данные в табличном виде:
 - название радионуклида в столбце «Нуклид / Энергия».
 - суммарная площадь линий этого нуклида в столбце «Площадь».
 - абсолютная погрешность суммарной площади линий нуклида в столбце «Погрешность».
 - активность нуклида (Бк) в столбце «Активность, Бк».
 - относительная погрешность активности нуклида (%) в столбце «Погрешность, %».

Результаты поверки считают удовлетворительными, если относительная погрешность измерения активности нуклида не превышает указанного в 1.2.1 значения.

5.5.9 Определение эффективности регистрации в пиках полного поглощения в геометрии сосуда Маринелли I л и чаши Петри для установки СКГ-1003 и в геометрии чаши Петри и бюкса объемом 10 мл для установки СКГ-1003-01 для энергий 661,6 кэВ

Определение эффективности регистрации в геометрии объемного источника проводят с использованием объемных источников ИМН-Г-3-Н в сосудах указанных геометрий, устанавливая сосуды непосредственно на детектор и соосно ему.

Порядок определения:

- 1) Измерить в течение не менее 3600 с живого времени фоновый спектр в отсутствие источника, сохранить полученный спектр как фоновый.
- 2) Через пункт меню ПО установки «Анализатор/Пуск/Свойства спектра/Выберите время и режим набора» установить режим последовательного набора трех спектров:
 - режим набора и остановки анализатора по живому времени – от 600 до 10800 (время определяется количеством импульсов в ППП с энергией 1332,51 кэВ, которое должно превысить значение 2000),
 - последовательные измерения,
 - очистка памяти АЦП после проведения очередного измерения,
 - время задержки последовательных измерений 10 минут.
- 3) Провести процедуру накопления спектров, установив в настройках ПО функцию вычитания фона при обработке полученного спектра («Обработка/Вычесть фон»).
- 4) Выполнить поиск пиков в ПО через меню «Обработка/Поиск пиков» или нажатием соответствующей кнопки в ПО.
- 5) В ПО установки определить значение эффективности регистрации объемного источника: пункт меню «Обработка/Калибровка по эффективности/Расчет эффективности», выбрав из открывавшегося списка эталонов соответствующий источник.
- 6) Рассчитать среднее значение эффективности в каждой из указанных геометрий.

Значения эффективности регистрации, определенные при первичной поверке, должны быть занесены в паспорт или свидетельство о первичной поверке изделия для последующего контроля при периодической поверке.

Результаты первичной поверки считают удовлетворительными, если значения относительной погрешности определения абсолютной эффективности регистрации объемного источника соответствуют указанной в 1.2.1.

Результаты периодической поверки считают удовлетворительными, если соблюдается условие

$$d_e = \frac{e_{\text{действ}} - e}{e} \leq 0,10 \quad (5.8)$$

где: δ_e - относительное изменение значения эффективности регистрации в геометрии объемного источника;

$e_{\text{действ}}$ - действительное значение эффективности регистрации в геометрии объемного источника, имп/(Бк·с);

ε - значение эффективности регистрации в геометрии объемного источника, определенное при первичной поверке, имп/(Бк·с).

5.5.10 Определение диапазона измерения объемной активности Cs-137 при времени измерения 1 час

5.5.10.1 Определение нижнего предела измеряемой активности Cs-137 проводят с использованием спектра фона.

Порядок определения:

- 1) Провести обработку спектра фона согласно РП ПО. В качестве нижнего предела измеряемой активности Cs-137 принять расчетную величину активности из таблицы результатов расчета программы.
- 2) Или рассчитать величину минимально детектируемой активности (МДА):

$$MDA = \frac{2\sqrt{2 \times S}}{\zeta \times \epsilon \times T \times V} \quad (5.9),$$

где S – площадь фона в диапазоне каналов регистрации пика Cs-137, имп.;

ζ – квантовый выход по линии;

ϵ – эффективность регистрации гамма-квантов при заданной геометрии;

T – живое время измерения фона, 3600 с;

V – объем пробы, м³.

Результаты первичной поверки считают удовлетворительными, если полученной значение активности в Бк не превышает:

- 1 Бк для установки СКГ-1003 – минимальное значение активности диапазона измерений для эталонного источника в сосуде Маринелли объемом 1 л;
- 100 Бк для установки СКГ-1003-01 – минимальное значение активности диапазона измерений для эталонного источника в блюске объемом 10 мл.

5.5.10.2 Определение верхнего предела измеряемой активности Cs-137 проводят с использованием источников, обеспечивающих объемную активность на верхнем значении диапазона измерений:

- для установки СКГ-1003 размещают источник ИМН-Г-3-Н Cs-137 с удельной активностью от $5 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^6$ Бк/кг и погрешностью не более 6 % в любой из аттестованных геометрий непосредственно на детекторе,

- для установки СКГ-1003-01 размещают эталонный спектрометрический источник гамма-излучения Cs-137 с активность источника от 37 до 100 МБк и погрешностью не более 6 % ($P=0,95$) на коллиматоре детектора соосно (геометрия блюска объемом 10 мл на коллиматоре).

Порядок определения:

- 1) Провести накопление в течение не более 10 минут, обработку спектра и расчет активности в заданной геометрии согласно РП ПО.
- 2) Определить погрешность измерения активности (или удельной активности) источника согласно МРК 40090.1 М505 «Методика радиационного контроля. Определение удельной и объемной активности гамма-излучающих радионуклидов в объемных источниках с использованием гамма-спектрометрических установок».

Погрешность измерения объемной (удельной) активности источника в заданной геометрии не должна превышать 50 %.

5.6 Оформление результатов поверки

5.6.1 Результаты поверки оформить протоколом (приложение В).

5.6.2 Положительные результаты поверки установки оформляются «Свидетельством о поверке» по установленной в ПР 50.2.006-94 форме. Положительные результаты периодической поверки допускается оформлять соответствующей записью в паспорте ПБАВ.414411.002ПС с нанесением поверительного клейма.

5.6.3 В обязательном приложении к свидетельству о поверке должны быть указаны следующие технические и метрологические характеристики:

- тип и номер блока детектирования;
- интегральная нелинейность функции преобразования в измеряемом диапазоне энергий гамма-квантов;
- долговременная нестабильность характеристики преобразования;
- максимальная входная статистическая загрузка от источника Со-60;
- относительное энергетическое разрешение для энергии 1,332 МэВ;
- относительная эффективность регистрации в пике полного поглощения в геометрии точечного источника на расстоянии источник-детектор 250 мм для энергии 1,332 МэВ, отн. ед.;
- относительная погрешность измерений активности точечного источника;
- относительная эффективность регистрации в пике полного поглощения в геометрии объемного источника для энергии 661,6 кэВ, отн. ед..

5.6.4 При получении отрицательных результатов поверки поверяющую установку к применению не допускают, оформляют «Извещение о непригодности» и установку направляют в ремонт. При выпуске из ремонта проводят первичную поверку после настройки установки.

6 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ

6.1 Текущий ремонт установки заключается в восстановлении поврежденных кабелей и разъемов и замене отдельных узлов с истекшим сроком годности. Узлы установки неремонтопригодны и в случае выхода из строя подлежат замене.

Ремонт установки осуществляется заводом изготовителем.

7 ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

7.1 Наиболее вероятные неисправности установки приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Вероятные неисправности установки и способы их устранения

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения
--	-------------------	-------------------

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения
Цифровой осциллограф не регистрирует амплитудный сигнал на выходе блока детектирования	На блок детектирования не поступает низковольтное напряжение	Проверить исправность кабелей и наличие низко- вольтного напряжения на контактах разъема
Нет набора спектра. Осциллограф не регистрирует амплитудный сигнал на выходе блока детектирования	Сработал сигнал монитора состояния БД	Проверить наличие жидкого азота в сосуде Дьюара
Нет связи с ПК.	Сбой интерфейса связи	Перезагрузить программу
Нет связи с ПК.	Неисправен кабель связи с ПК	Заменить кабель

8 ХРАНЕНИЕ

8.1 Установку до введения в эксплуатацию следует хранить в отапливаемых или охлаждаемых помещениях. В помещении для хранения не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

8.2 Условия хранения:

- температура окружающего воздуха от минус 15 °C до плюс 40°C;
- относительная влажность окружающего воздуха до 98 % при температуре плюс 35°C и более низких температурах без конденсации влаги (крайнее значение 100 % при температуре плюс 35°C).

Место хранения должно исключать попадание прямого солнечного света на установку.

8.3 Установку следует хранить только в упаковке предприятия-изготовителя. Гарантийные обязательства не распространяются на установку, хранящуюся в ненадлежащей упаковке и условиях хранения, отличных от указанных в 8.2.

8.4 Срок хранения установки без переконсервации – 3 года.

9 КОНСЕРВАЦИЯ

9.1 Порядок консервации и расконсервации установки указан в соответствующей инструкции из комплекта поставки.

Допускается продажа установки без консервации.

10 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

10.1 Установка в упаковке предприятия-изготовителя может транспортироваться железнодорожным, автомобильным, морским и авиационным транспортом при соблюдении следующих условий:

- в закрытом автомобильном транспорте на расстояние не более 5000 км;
- железнодорожным транспортом - в железнодорожных вагонах, контейнерах, водным транспортом - в трюмах судов, авиационным транспортом - в отапливаемых герметизированных отсеках на любые расстояния.

10.2 Размещение и крепление ящиков на транспортных средствах должны обеспечивать устойчивое положение при следовании в пути, отсутствие смещения и ударов друг о друга.

10.3 Условия транспортирования:

- температура окружающего воздуха от минус 15 °C до плюс 40°C;
- относительная влажность окружающего воздуха до 98 % при температуре плюс 35°C и более низких температурах без конденсации влаги (крайнее значение 100 % при температуре плюс 35°C).

10.4 Значения механических воздействий при транспортировании не должны превышать значений, указанных в 1.2.13.

Приложение А

(обязательное)

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ СПЕКТРОМЕТРА ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЙ

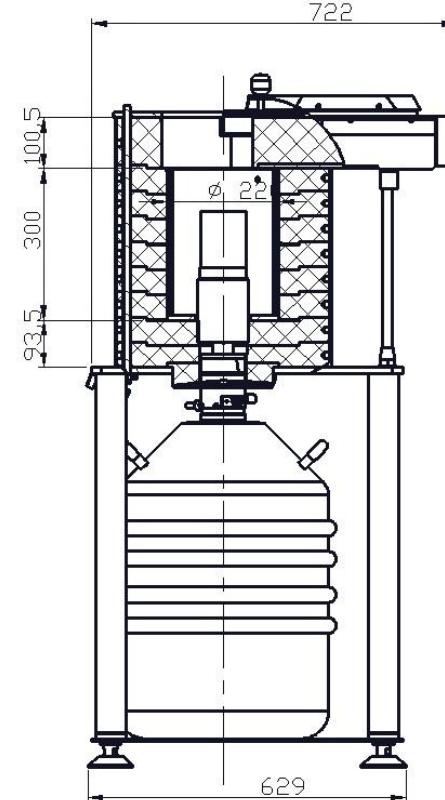
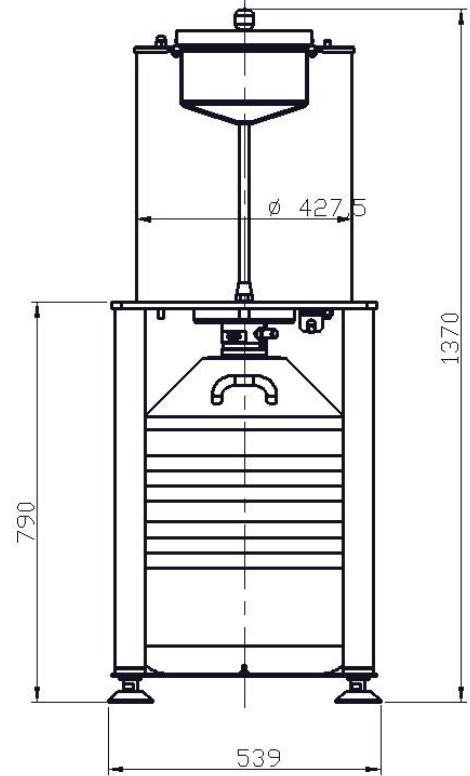
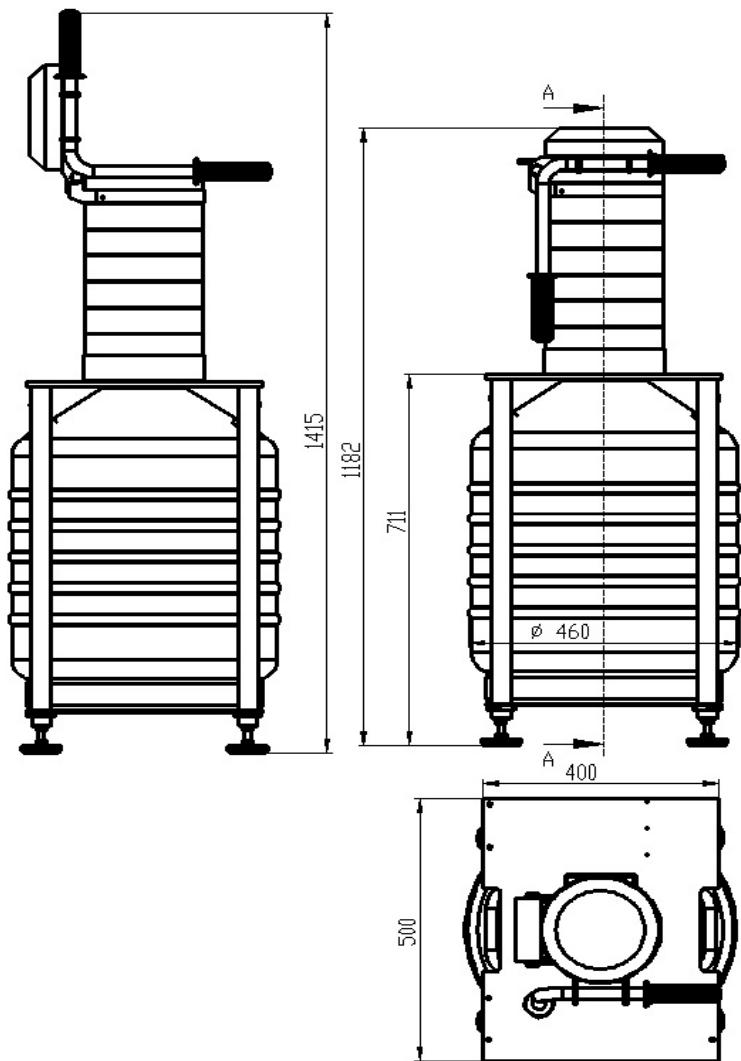


Рисунок А.1 – Спектрометр гамма-излучения установки СКГ-1003 для измерения активности низкоактивных проб.

Крышка измерительной камеры
находится в положении "ОТКРЫТО"



Крышка измерительной камеры
находится в положении "ЗАКРЫТО"

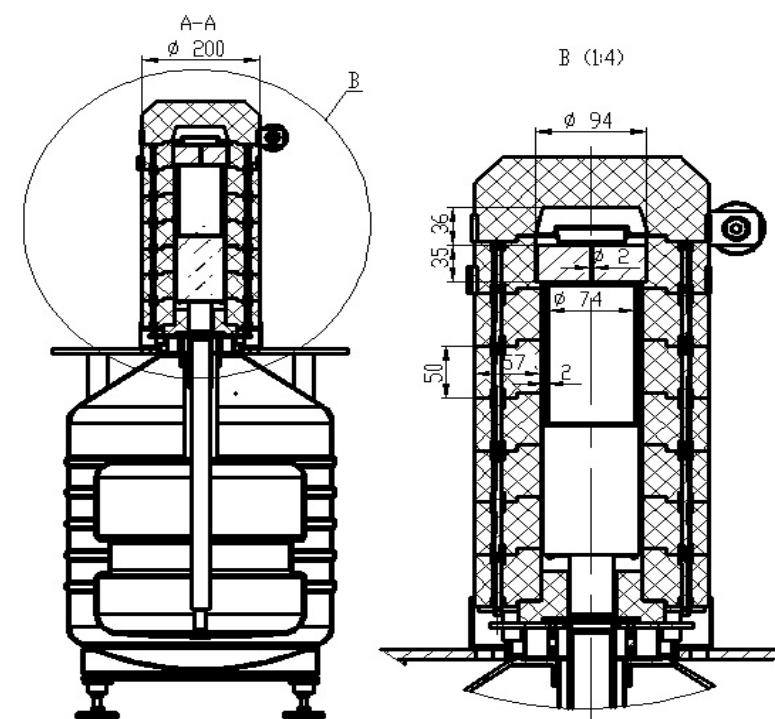
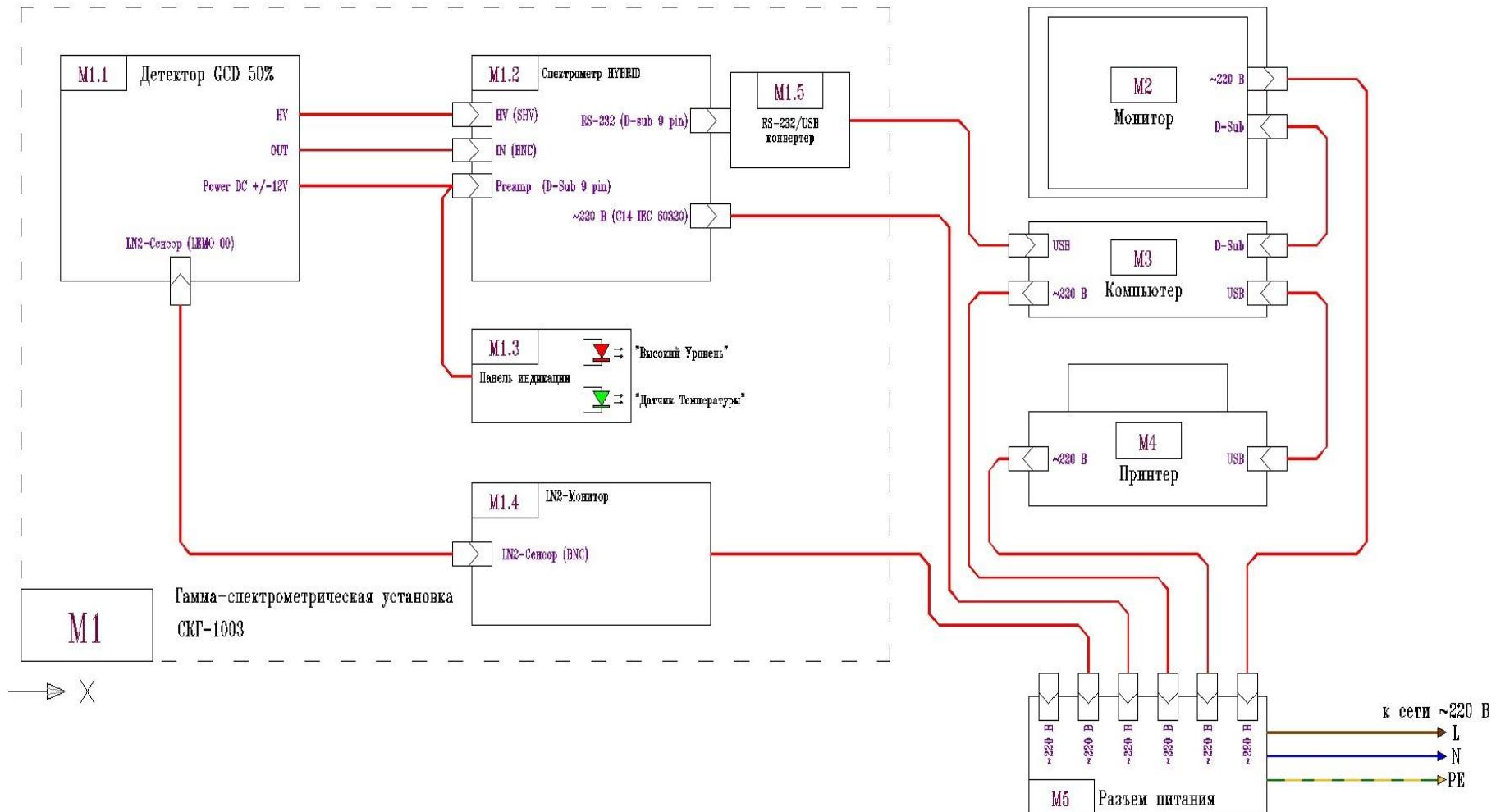


Рисунок А.2- Спектрометр гамма-излучения установки СКГ-1003-01 для измерения активности высоко- и среднеактивных проб.

Приложение Б
 (обязательное)
СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОДКЛЮЧЕНИЙ



Приложение В
(рекомендуемое)

Установка стационарная гамма-спектрометрическая на основе ОЧГ-детектора для измерения активности проб СКГ-1003... зав. № _____

Дата поверки _____

Условия проведения поверки

Средства поверки:

Тип № Св-во о поверке №

до _____

1 Внешний осмотр_____

2. Опробование _____

3 Проверка метрологических характеристик установки:

С Проверка метрологических характеристик установки				
№	Параметр	Значение	Значение по РЭ	Соответствие
3.1	Определение интегральной нелинейности функции преобразования, %			
3.2	Определение энергетического разрешения для энергий 122 кэВ и 1332 кэВ, кэВ			
3.3	Определение долговременной нестабильности характеристики преобразования, %			
3.4	Определение максимальной входной статистической загрузки от источника Со-60, имп/с			
3.5	Определение относительной эффективности регистрации в пике полного поглощения в геометрии точечного источника на расстоянии источник-детектор _____ мм для энергии 1,33 МэВ, %			
3.6	Определение относительной погрешности измерений активности $10^3 - 10^5$ Бк точечного источника, %			
3.7	Определение эффективности регистрации в пике полного поглощения в геометрии объемного источника с водоэквивалентной матрицей для энергии 661,6 кэВ, отн. ед.			