

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Радиометры-спектрометры для контроля объемной активности жидких сред МЖГ-040

#### Назначение средства измерений

Радиометры-спектрометры для контроля объемной активности жидких сред МЖГ-040 (далее радиометры-спектрометры МЖГ-040) предназначены для автоматизированного непрерывного измерения объёмной активности радионуклидов в жидкости, протекающей через измерительную емкость (как отдельных радионуклидов, так и их суммарной активности).

#### Описание средства измерений

Принцип действия радиометра-спектрометра МЖГ-040 основан на регистрации спектра амплитудного распределения гамма-излучения, испускаемого радионуклидами, присутствующими в непрерывно протекающей через заданную измерительную емкость контролируемой жидкой среде, определении скорости счета импульсов в пиках полного поглощения гамма-квантов с энергиями  $E_i$  и расчета объемной активности идентифицированных по  $E_i$  радионуклидов, с учетом эффективности регистрации гамма-квантов в пиках полного поглощения, которая устанавливается предварительно экспериментальным путем. Все операции производятся с использованием программного обеспечения ЛКВШ 10.359.0000.00 01.

Радиометр-спектрометр изготавливается в двух модификациях (исполнениях) МЖГ-040 и МЖГ-040-01, которые имеют унифицированное конструктивное исполнение и отличаются только типом используемого устройства детектирования.

В состав радиометра-спектрометра входят следующие основные модули:

- проточная измерительная емкость (ИЕ);
- модуль свинцовой пассивной защиты от внешнего фоновое излучения с геометрией 4л, закрепленный на стальной рамной конструкции;
- устройство детектирования гамма-излучения сцинтилляционное цифровое:
  - УДС-ГЦ-63х63-485-АС – модификация МЖГ-040;
  - УДС-ГЦ-63х160-485-АС – модификация МЖГ-040-01;
- устройство контроля расхода контролируемой среды (реле потока);
- спектрометрический технологический многоканальный анализатор (СТМА) с встроенным технологическим контроллером.

Радиометр-спектрометр относится к изделиям мелкосерийного производства, для которых операции по окончательной сборке, наладке и настройке могут быть проведены только на месте эксплуатации в составе конкретного производственного объекта.

Для каждого варианта исполнения радиометра-спектрометра предусмотрено специальное «посадочное место» для размещения источников гамма-излучения типа ОСГИ-Р (№ г/р 40714-09), предназначенных для выполнения процедур периодической поверки.

Работа радиометра-спектрометра осуществляется под управлением оператора с ЭВМ (или оператором АРМ, при использовании радиометра-спектрометра в составе системы радиационного контроля).

Все операции по управлению измерениями и обработке аппаратурных гамма-спектров (построение математической модели спектра, идентификация изотопного состава, расчет значений объемной активности отдельных радионуклидов и оценка погрешности определения этих значений при доверительной вероятности  $P=0,95$ ) полностью автоматизированы и проводятся в СТМА-01 с использованием специально разработанного программного обеспечения - СПО.

Общий вид радиометра-спектрометра представлен на рисунке 1.

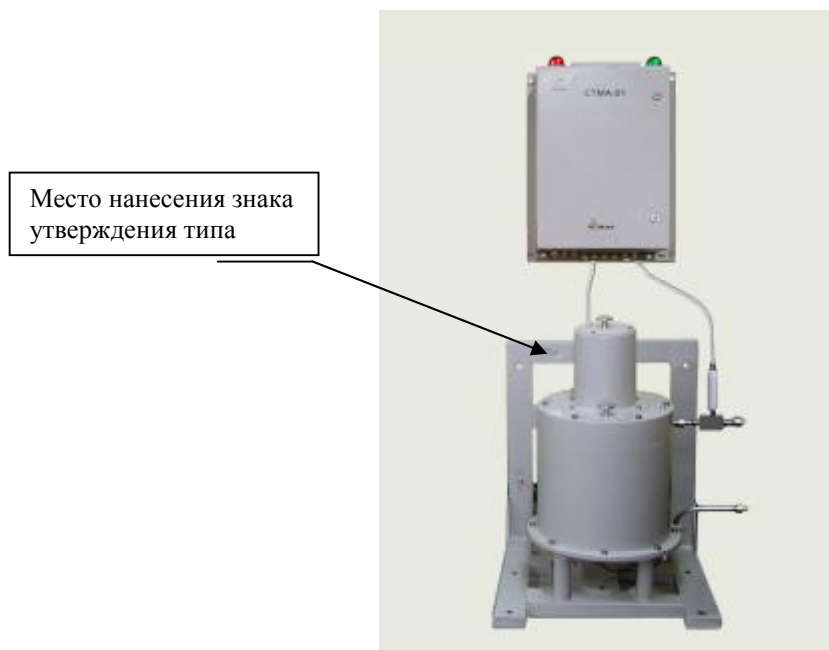


Рис. 1. Общий вид радиометра-спектрометра МЖГ-040 (МЖГ-040-01)

### Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) радиометра-спектрометра включает встроенное ПО, установленное на контроллере технологического анализатора СТМА-01 и прикладные программы, входящие в состав комплекса ПО для технического обслуживания (ТО) и установленные на внешней (по отношению к изделию) ПЭВМ.

Встроенное программное обеспечение полностью закрыто и защищено от стороннего вмешательства. Оно обеспечивает собственный самоконтроль, а также самоконтроль аппаратных узлов, выход на рабочий режим, измерение энергетического распределения гамма-излучения и обработку гамма-спектров, передачу от подчиненного узла результатов обработки по технологической сети RS-485 с использованием протокола Modbus/RTU в ПК.

Прикладное ПО для технического обслуживания, функционирующее на ПЭВМ, обеспечивает:

- передачу данных и команд по технологической сети RS-485 с ПЭВМ на СТМА-01;
- контроль аппаратных средств (блоков) радиометра-спектрометра;
- управление режимами функционирования радиометра-спектрометра;
- отображение полученного (измеренного) энергетического распределения регистрируемого излучения;
- расчет и отображение на экране оператора значений объемной активности радионуклидов;
- предотвращение несанкционированного доступа к настроечным параметрам радиометра-спектрометра.

ПО радиометра-спектрометра с точки зрения влияния на его метрологические характеристики разделено на две части:

- метрологически значимые модули;
- метрологически не значимые модули.

Перечень метрологически значимых модулей ПО приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Метрологически значимые модули ПО радиометра-спектрометра

–	Наименование программного модуля	Идентификационное наименование программного обеспечения
1	«Встроенное ПО», установленное на контроллере технологического анализатора СТМА-01	MZHG-040
2	Комплекс программ для выполнения полного гамма-спектрометрического анализа аппаратурных спектров с визуальным контролем всех этапов и может быть использован как для непосредственного выполнения процедур поверки измерительного канала и процедур настройки при техническом обслуживании, так и для инспекционной или ретроспективной обработки градуировочных и архивных гамма-спектров. Входит в состав комплекса ПО для технического обслуживания (ТО) и установлен на внешней ПЭВМ	SPEKTR_M.exe
3	Программный модуль для автоматизации процедур периодической поверки радиометра-спектрометра. Входит в состав комплекса ПО для технического обслуживания (ТО) и установлен на внешней ПЭВМ	Poverka R-S.exe

Перечень метрологически не значимых модулей ПО приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Метрологически не значимые модули ПО радиометра-спектрометра

–	Наименование программного модуля	Идентификационное наименование программного обеспечения
1	Программный модуль для управления режимами функционирования радиометра-спектрометра. Входит в состав комплекса ПО для технического обслуживания (ТО) и установлен на внешней ПЭВМ	ctrlstma.exe

Идентификационные данные метрологически значимых модулей ПО радиометра-спектрометра представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Идентификационные данные метрологически значимых модулей ПО радиометра-спектрометра

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии	Цифровой идентификатор программного обеспечения	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
«Встроенное ПО», установленное на контроллере технологического анализатора СТМА-01	MZHG-040	1.0 и выше (до 1.9)	97DB	CRC16 для MODBUS /RTU
Комплекс программ для выполнения полного гамма-спектрометрического анализа аппаратурных спектров	SPEKTR_M.exe	2.0 и выше (до 2.9)	D659	CRC16 для MODBUS /RTU
Программный модуль для автоматизации процедур периодической поверки радиометра-спектрометра.	Poverka R-S.exe	1.0 и выше (до 1.9)	FAF2	CRC16 для MODBUS /RTU

Примечание. Контрольные суммы файлов относятся к текущим версиям программного обеспечения.

Уровень защиты программного обеспечения радиометра-спектрометра от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует классу С в соответствии с МИ 3286-2010.

### Метрологические и технические характеристики

Основные метрологические и технические характеристики радиометра-спектрометра МЖГ-040 представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Основные характеристики радиометра-спектрометра

№	Наименование характеристики	Значение
1.	Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения, кэВ	от 50 до 3000
2.	Пределы допускаемой основной относительной погрешности характеристики преобразования (интегральная нелинейность), %	$\pm 1$
3.	Относительное энергетическое разрешение гамма-спектрометра для энергии 662 кэВ (по линии Cs-137), %: - для исполнения МЖГ-040, не более - для исполнения МЖГ-040-01, не более	8,0 10,5
4.	Нестабильность характеристики преобразования спектрометрического тракта за 24 ч непрерывной работы, %, не более	2
5.	Максимальная входная статистическая нагрузка спектрометрического тракта, имп/с, не менее	100 000
6.	Базовые значения эффективности регистрации (для энергий: 81,0 кэВ, 121,8 кэВ, 344,3 кэВ, 356,0 кэВ, 661,7 кэВ, 778,9 кэВ, 964,0 кэВ, 1173,2 кэВ и 1332,5 кэВ) в пике полного поглощения для положения «Калибровка», отн. ед.:  - для исполнения МЖГ-040 (в «ИЕ» воздух)  - для исполнения МЖГ-040 (в «ИЕ» вода, E=661,7 кэВ и E=1332,5 кэВ)  - для исполнения МЖГ-040-01 (в «ИЕ» воздух)  - для исполнения МЖГ-040-01 (в «ИЕ» вода, E=661,7 кэВ и E=1332,5 кэВ)	$1,1 \cdot 10^{-4}$ ; $8,0 \cdot 10^{-4}$ ; $2,39 \cdot 10^{-3}$ ; $2,37 \cdot 10^{-3}$ ; $1,77 \cdot 10^{-3}$ ; $1,50 \cdot 10^{-3}$ ; $1,35 \cdot 10^{-3}$ ; $1,18 \cdot 10^{-3}$ ; $1,07 \cdot 10^{-3}$ .  $9,5 \cdot 10^{-4}$ ; $6,8 \cdot 10^{-4}$ .  $3,8 \cdot 10^{-4}$ ; $1,26 \cdot 10^{-3}$ ; $3,97 \cdot 10^{-3}$ ; $3,95 \cdot 10^{-3}$ ; $3,2 \cdot 10^{-3}$ ; $2,7 \cdot 10^{-3}$ ; $2,47 \cdot 10^{-3}$ ; $2,23 \cdot 10^{-3}$ ; $2,10 \cdot 10^{-3}$ . $1,75 \cdot 10^{-3}$ ; $1,32 \cdot 10^{-3}$ .
7.	Базовые значения эффективности регистрации (для энергий: 81,0 кэВ, 165,9 кэВ, 356,0 кэВ, 661,7 кэВ, 1173,2 кэВ и 1332,5 кэВ) в пике полного поглощения для рабочей геометрии измерения «ИЕ», отн. ед.: - для исполнения МЖГ-040  - для исполнения МЖГ-040-01	$6,4 \cdot 10^{-3}$ ; $8,6 \cdot 10^{-3}$ ; $7,7 \cdot 10^{-3}$ ; $5,6 \cdot 10^{-3}$ ; $3,3 \cdot 10^{-3}$ ; $2,8 \cdot 10^{-3}$ .  $1,73 \cdot 10^{-2}$ ; $2,3 \cdot 10^{-2}$ ; $2,0 \cdot 10^{-2}$ ; $1,91 \cdot 10^{-2}$ ; $1,42 \cdot 10^{-2}$ ; $8,3 \cdot 10^{-3}$ .
8.	Диапазон измерений объемной активности радионуклида Cs-137, Бк/м <sup>3</sup>	от $1 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^8$
9.	Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении объемной активности, %	$\pm 50$
10.	Пределы допускаемой относительной не исключенной систематической погрешности при измерении объемной активности, %	$\pm 7$
11.	Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности характеристики преобразования: - при изменении температуры, %/°C - при изменении напряжения питания от 176 до 253 В, %	$\pm 0,1$ $\pm 1$

Продолжение таблицы 4

12.	Время установления рабочего режима, минут, не более	30
13.	Напряжение питания от промышленных сетей переменного тока частотой 50 ( $\pm 1$ ) Гц, В	220 <sup>+33</sup> <sub>-44</sub>
14.	Потребляемая мощность, В·А, не более	100
15.	Условия эксплуатации: - температура окружающего воздуха, °С - атмосферное давление, кПа - относительная влажность воздуха, %	от 5 до 50 от 84 до 106,7 до 80 при +35°С
16.	Средняя наработка на отказ, ч Средний срок службы, лет	20 000 30 (при условии замены отдельных составных частей по мере выработки их ресурса)

Радиометр-спектрометр имеет сейсмостойкое исполнение по категории I согласно НП-031-01. По месту установки радиометр-спектрометр соответствует группе А, а по функциональному назначению исполнению 1 - по РД 25 818-87 (землетрясение 7 баллов по шкале MSK-64, высота размещения до +50 м от нулевой отметки).

По устойчивости к воздействию атмосферного давления радиометр-спектрометр соответствует группе Р1 по ГОСТ Р 52931-2008 (давление от 84 до 106,7 кПа, размещение до 1000 м над уровнем моря).

По устойчивости к воздействиям температуры и влажности окружающего воздуха ТС радиометра-спектрометра соответствуют группе В4 по ГОСТ Р 52931-2008 (температурный диапазон от плюс 5 °С до плюс 50 °С; относительная влажность окружающего воздуха до 80 % при температуре плюс 35 °С).

По устойчивости к воздействию синусоидальных вибраций радиометр-спектрометр относится к группе V4 по ГОСТ Р 52931-2008 (диапазон частот от 10 до 120 Гц, амплитуда смещения 0,15мм).

По устойчивости к электромагнитным воздействиям радиометр-спектрометр соответствует группе исполнения III и критерию качества функционирования А по ГОСТ Р 50746-2000 в условиях эксплуатации при электромагнитной обстановке средней жесткости.

По устойчивости к воздействию пыли и воды устройства детектирования радиометра-спектрометра соответствуют исполнению IP55, а СТМА-01 соответствует исполнению IP54 по ГОСТ 14254.

### Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится:

- на маркировочную табличку (шильд), прикрепленную к корпусу радиометра-спектрометра;
- на титульный лист руководства по эксплуатации методом компьютерной графики.

### Комплектность средства измерений

В комплект поставки радиометра-спектрометра МЖГ-040 входят составные части и эксплуатационная документация, указанные в таблице 5.

Таблица 5 - Комплект поставки радиометра-спектрометра

Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
ЛКВШ 06.362.0000.00 ТУ	Модификация МЖГ-040		
	Устройство спектрометрическое технологическое СТУ-040 ДЦКИ.412131.020, в составе:	1	См. примечание
	Устройство детектирования гамма-излучения сцинтилляционное цифровое УДС-ГЦ-63х63-485-АС	1	
	Емкость (ИЕ) ДЦКИ. 306128.002	1	
	Реле потока	1	
	Платформа ДЦКИ.301224.026	1	
	Набор защитных блоков ДЦКИ. 412131.020	1	
	Анализатор спектрометрический СТМА-01 ДЦКИ.412131.023	1	
ЛКВШ 06.362.0000.00 ТУ	Модификация МЖГ-040-01		
	Устройство спектрометрическое технологическое СТУ-040-01 ДЦКИ.412131.020-01, в составе:	1	См. примечание
	Устройство детектирования гамма-излучения сцинтилляционное цифровое УДС-ГЦ-63х160-485-АС	1	
	Емкость (ИЕ) ДЦКИ. 306128.002-01	1	
	Реле потока	1	
	Платформа ДЦКИ.301224.026	1	
	Набор защитных блоков ДЦКИ. 412131.020	1	
	Анализатор спектрометрический СТМА-01 ДЦКИ.412131.023	1	
ЛКВШ 10.359.0000.00 01	Программное обеспечение	к-т	
	Комплект эксплуатационных документов согласно ведомости ЛКВШ 06.362.0000.00 ВЭ (включая Методику поверки ЛКВШ 06.362.0000.00 ДЗ)	1	
ЛКВШ 06.362.0000.00 ВЭ	Ведомость эксплуатационных документов	1	

Примечание – Технические средства радиометра-спектрометра поставляются в упаковке и таре предприятия-изготовителя с комплектом монтажных частей и комплектом ЗИП-О.

### Поверка

осуществляется по документу ЛКВШ 06.362.0000.00 ДЗ «Радиометр-спектрометр для контроля объёмной активности жидких сред МЖГ-040. Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» в ноябре 2013 г.

При поверке применяются источники фотонного излучения радионуклидные спектрометрические закрытые типа ОСГИ-Р, № г/р 40714-09 с активностью от  $10^4$  до  $10^5$  Бк и погрешностью не более  $\pm 3\%$ .

### **Сведения о методиках (методах) измерений**

ЛКВШ 06.362.0000.00 РЭ «Радиометр-спектрометр для контроля объёмной активности жидких сред МЖГ-040. Руководство по эксплуатации».

### **Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к радиометрам-спектрометрам МЖГ-040**

1. ГОСТ 4.59-79 «Система показателей качества продукции. Средства измерений ионизирующих излучений. Номенклатура показателей».
2. ГОСТ 27451-87 «Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия».
3. ГОСТ 26874-86 «Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерения основных параметров».
4. ГОСТ 8.033-96 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников».
5. ЛКВШ 06.362.0000.00 «Радиометр-спектрометр для контроля объёмной активности жидких сред МЖГ-040. Технические условия».

### **Рекомендации по области применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений**

- при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии;
- при осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта.

### **Изготовитель**

Федеральное государственное унитарное предприятие «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени А.П. Александрова»  
(ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»),  
Адрес: 188540, г. Сосновый Бор, Ленинградской обл.  
Тел.: (813-69) 2-26-67, факс: (813-69) 2-36-72

### **Испытательный центр**

ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»,  
Адрес: Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 19.  
Тел.: (812) 251-76-01; факс: (812) 713-01-14  
Аттестат аккредитации ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30001-10 от 20.12.2010 г.

Заместитель Руководителя  
Федерального агентства  
по техническому регулированию  
и метрологии

Ф.В. Булыгин

М.п.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.