

## СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ «ГРИН СТАР» С МНОГОКАНАЛЬНЫМИ ЦИФРОВЫМИ АНАЛИЗАТОРАМИ СЕРИИ МСА

Ельцин В.Ф, Ельцин Д.В, Ермак М.Г, Скакун Г.Е, Тимофеев А.В, Чураков А.К.  
ООО НИПП «Грин Стар Инструментс», г. Москва, Россия

**Многоканальный цифровой анализатор на базе процессора импульсных сигналов DWSS-01 (МСА)** предназначен для преобразования импульсных сигналов от блоков детектирования ионизирующих излучений с последующим накоплением информации для получения амплитудных спектров источников ионизирующих излучений, а также имеет в своем составе все необходимые средства для обеспечения работы собственно блоков детектирования ионизирующих излучений.

МСА предназначен для работы с детекторами невысокого разрешения: неорганическими и органическими сцинтилляционными детекторами с классическими и твердотельными ФЭУ, газонаполненными детекторами, полупроводниковыми кремниевыми PIN фотодиодами, кремниевыми дрейфовыми детекторами SDD, CdTe и т.д.

МСА реализован на базе технологии цифровой обработки сигнала (ЦОС) и имеет в своем составе цифровой сигнальный процессор DWSS-01, высоковольтный и низковольтный модуль питания блока детектирования, одноплатного компьютера с внутренней программой.

В МСА с высокой степенью интеграции объединены входная электроника предварительного формирования сигнала, скоростной АЦП, программируемые цифровые фильтры, цифровой осциллограф, восстановитель постоянной составляющей, быстрый цифровой дискриминатор, цифровой стабилизатор и источник высокого напряжения – все это размещено в небольшом, компактном корпусе. Конструктивно МСА выполнен на многослойной печатной плате. Входной сигнал, получаемый от блока детектирования, усиливается и поступает на вход АЦП процессора, где оцифровывается с частотой 100 МГц. Далее оцифрованный сигнал поступает на вход цифрового фильтра, реализованного на базе ПЛИС60. После цифровой обработки по заданным алгоритмам ПЛИС формирует массив информации об энергетическом распределении зарегистрированного излучения. Эта информация передается с помощью одноплатного компьютера на компьютер пользователя по каналу связи RS232, USB, Wi-Fi, ETHERNET для дальнейшей обработки и анализа.

Выбор метода цифровой фильтрации обусловлен тем, что цифровая обработка сигналов позволяет более полно, по сравнению с аналоговой обработкой, использовать потенциал детекторных систем. Задача цифровой обработки сигнала - как можно более раннее (в идеале сразу после предусилителя или ФЭУ) преобразовать сигнал детектора в цифровой поток данных без потери, содержащейся в нем информации. Цифровые данные запоминаются в кольцевом буфере и извлекаются оттуда для обработки в программируемой логической матрице.

Основные технические характеристики МСА:

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| – Число каналов   | от 256 до 4096               |
| – Емкость канала  | $2^{32}-1$                   |
| – Максимальное число уровней квантования входных сигналов           | 1024/2048                    |
| – Максимальная измеряемая амплитуда, В                              | 1                            |
| – Временные параметры входного сигнала, мкс                         | 0,05 - 2                     |
| – Полярность входного сигнала                                       | положительная, отрицательная |
| – Нестабильность ширины канала в течение 24 ч непрерывной работы, % | $\pm 0.05$                   |
| – Дополнительная погрешность ширины канала, %/°С                    | $\pm 0.05$                   |

- Нестабильность нулевой точки в течение 24 ч непрерывной работы, мВ  $\pm 1.5$
  - Дополнительная погрешность начальной точки, мВ/ $^{\circ}\text{C}$   $\pm 0.5$
  - Интегральная нелинейность характеристики преобразования не более  $\pm 0.05\%$
  - Дифференциальная нелинейность не более  $\pm 0.8\%$
  - Максимальная загрузка не менее  $10^5$  имп./с
  - Время преобразования, мкс 0,1 - 4
  - Параметры интерфейса RS232, USB, Wi-Fi, ETHERNET
  - Диапазон рабочих температур,  $^{\circ}\text{C}$  от минус 20 до +35
  - Режектор наложений : Разрешение пары импульсов 400 нс
  - Полярность высокого напряжения положительная, отрицательная
  - Диапазон высокого напряжения 0-1500 В/1 мА
  - Напряжения питания предусилителя +12 В/50 мА
  - Цифровой дискриминатор нижнего/верхнего уровня, устанавливается в каналах.
  - Цифровой дискриминатор верхнего уровня, устанавливается в каналах.
- МСА с одноплатным компьютером на базе процессора Texas Instruments Am3517 с внутренней программой, поддерживающей WEB интерфейс, представлен на рис. 1.

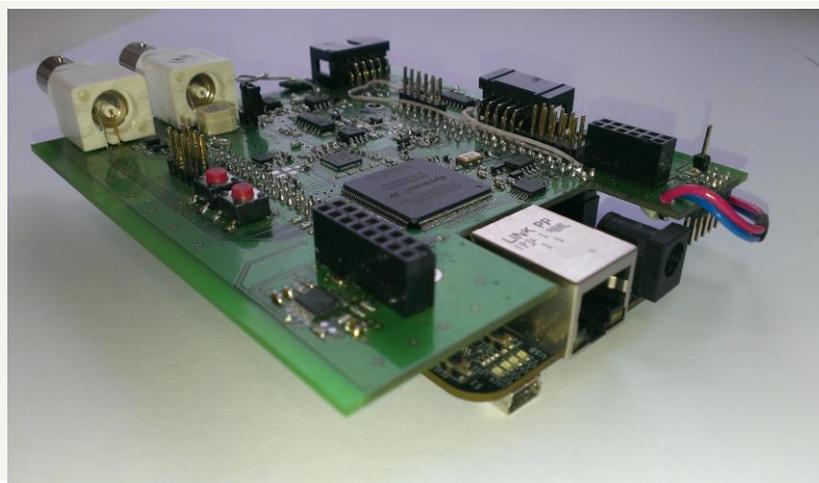


Рис. 1

Несколько примеров спектрометрических комплексов с МСА, разработанных в «Грин Стар», для применения в технологическом и радиационном контроле:

### 1. Анализатор состава вещества рентгенфлюорисцентный «РеСТАР»

Анализатор состава вещества рентгенфлюорисцентный «РеСТАР» предназначен для измерения интенсивностей аналитических линий химических элементов и путем их пересчета, экспрессного определения массовой концентрации элементов содержащихся в анализируемом образце (пробе).

Образцы могут быть жидкими или твердыми (в виде порошков, пленок, аэрозольных фильтров и т.п.).

Анализатор «РеСТАР» (см. рисунок 2) объединяет измерительный блок (комплект рентгеновского излучателя «КАРИ-50» и блок детектирования излучения) и МСА, передающий информацию в ПК. Управление анализатором производится с использованием специализированного программного обеспечения анализа рентген флуоресцентных спектров «XRF\_Pro».

Технические характеристики анализатора «РеСТАР»:

1. Анализаторы обеспечивают определение массовой концентрации элементов от Al(13) до Pu(94).

2. Пределы допускаемой основной относительной погрешности определения концентрации (в зависимости от номера элемента, матрицы пробы и методики анализа в диапазоне концентраций от  $10^{-2}$  до 100 %, не более  $\pm 20\%$ ).
3. Основная аппаратная погрешность при измерении скорости счета после 30 минут прогрева не превышает 3 %.
4. Спектральное (энергетическое) разрешение по линии  $K\alpha$  Mn (5,9 кэВ) не более 180 эВ при выходной загрузке не более 1000 имп/с.
5. Контрастность анализатора на аналитической линии Cu ( $K\alpha$ ) не менее 200.
6. Максимальный режим работы комплекта рентгеновского излучателя «КАРИ-50», входящего в состав анализатора не превышает:
  - мощность 100 Вт;
  - напряжение на аноде 50 кВ.

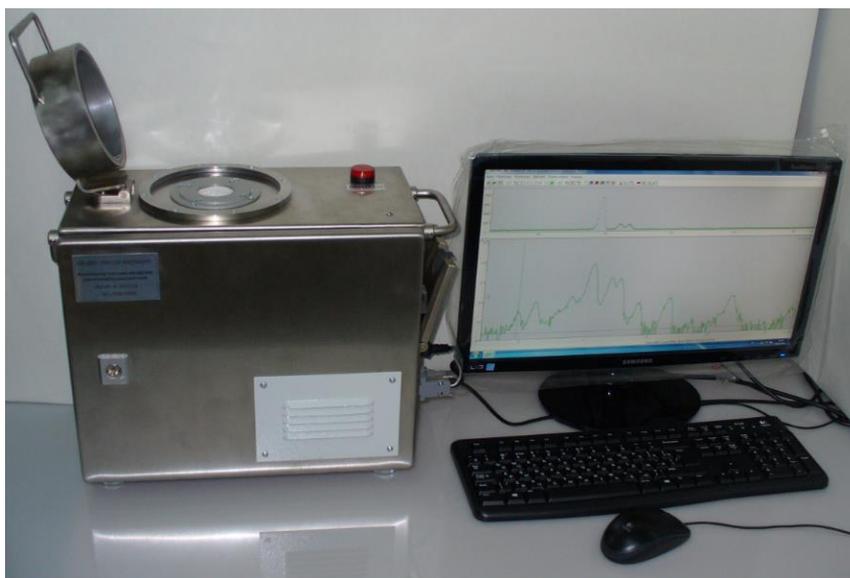


Рис.2

## 2. Комплекс спектрометрический SKC-07П-Г37

Комплекс спектрометрический SKC-07П-Г37 (см. рис.3) предназначен для измерения интенсивности аналитических линий радионуклидов по гамма-излучению и путем их пересчета, экспрессного определения массовой концентрации элементов содержащихся в анализируемом образце (пробе) в счетных образцах, находящихся в измерительных кюветах объемом 20 мл в диапазоне от  $1 \text{ г/дм}^3$  до  $50 \text{ г/дм}^3$  и более с разбавлением пробы. Сигнал с выхода сцинтилляционного блока детектирования гамма излучения БДЭГ-40(40)Н с кристаллом NaJ(Tl), имеющим энергетическое разрешение менее 6% по энергии 662 кэВ, подается на вход МСА, в котором усиливается, формируется специальным образом для получения оптимального отношения сигнал/шум и преобразуется в цифровой код, пропорциональный поглощенной энергии. Получаемые коды накапливаются в памяти ЭВМ и образуют энергетический спектр излучения - зависимость количества зарегистрированных импульсов от энергии излучения. Программное обеспечение комплекса состоит из ряда специализированных программ: эмулятор анализатора «Esbs» - для управления работой комплекса, СПО «Scint Uran» - для обработки спектров в автоматическом или интерактивном режимах для определения массовой "концентрации" урана.



Рис.3

### 3. Комплекс спектрометрический регистрации гамма излучения СКС-07П-Г42 (технологический) или вариант гамма-абсорбциометра.

Комплекс спектрометрический с СКС-07П-Г42 (рис.4) предназначен для измерения интенсивности аналитических линий радионуклидов по гамма-излучению и путем их пересчета, экспрессного определения массовой концентрации элементов содержащихся в анализируемом образце (пробе) в геометрии, отличной от точечной (в счетных образцах, находящихся в проб отборных фторопластовых трубках внешним диаметром до 6 мм) в диапазоне от 1 г/дм<sup>3</sup> до 100 г/дм<sup>3</sup>.

Комплекс спектрометрический представляет собой измерительное устройство, в состав которого входят:

- сцинтиляционный гамма-тракт, состоящий из сцинтиляционного блока детектирования гамма-излучения БДЭГ-25(25)Н и цифрового многоканального анализатора МСА, находящихся в узле измерения и коллимации УИК-02;

- специализированное программное обеспечение: СПО «Гамма Сц Профессиональная»;

- эксплуатационная документация;

- МВИ.



Рис.4

Комплекс спектрометрический СКС-07П-Г42 может быть изготовлен в варианте «гамма-абсорбциометра». Для этого, вместо защитного стального экрана устанавливается другой экран с установленным в нем радиоактивным источником (см. рис.5).



Рис.5

Схема соединений составляющих спектрометрического комплекса (блока детектирования и DWSS-01), представлена на рис.6.

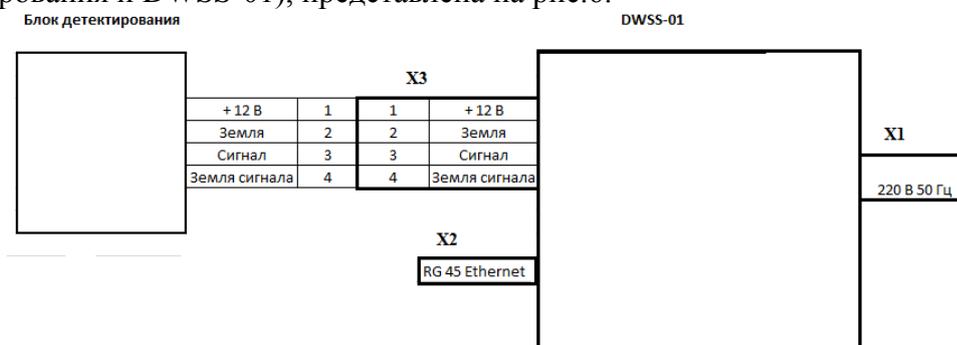


Рис.6

На рис. 7 представлены спектры Am-241 с Cs-137 и U-235, полученные на комплексе спектрометрическом СКС-07П-Г42.

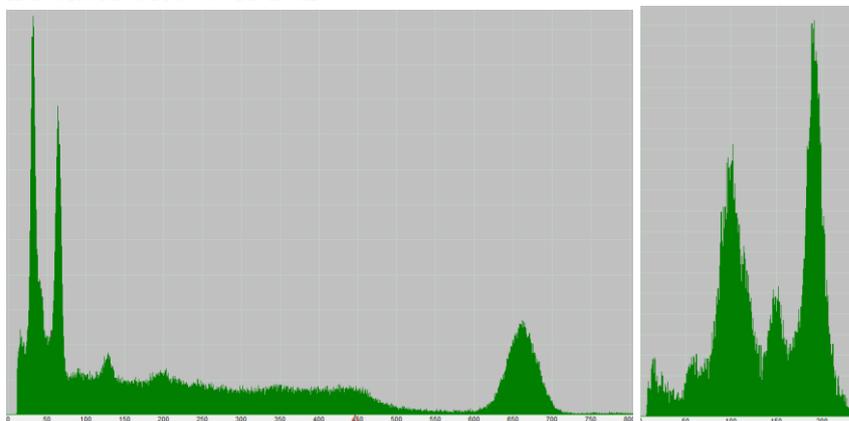


Рис.7

#### 4. Комплекс спектрометрический регистрации рентгеновского излучения СКС-07П-Р30

Комплекс спектрометрический СКС-07П-Р30 (рис.8) предназначен для измерения интенсивности аналитических линий радионуклидов по рентгеновскому - излучению и путем их пересчета, экспрессного определения массовой концентрации элементов содержащихся в анализируемом образце (пробе) в геометрии, отличной от точечной (в счетных образцах, находящихся в проб отборных фторопластовых трубках внешним диаметром до 6 мм) в диапазоне от 10 мг/дм<sup>3</sup> до 1 г/дм<sup>3</sup>. Принцип работы рентгеновского тракта комплекса основан на возбуждении излучением радиоактивного источника Am-241 типа ИГИА-1м-3 или ИГИА-1м-5 характеристического излучения атомов определяемых элементов и регистрации этого вторичного флуоресцентного излучения полупроводниковым блоком детектирования. Комплекс спектрометрический представляет собой измерительное устройство, в состав которого входят:

- рентгеновский тракт, состоящий из рентгеновского полупроводникового блока детектирования БДЭР-25КД-12 на основе кристалла АХР-100 (6-25 мм<sup>2</sup>, 12.5-25мкм Ве) и МСА, находящихся в узле измерения и коллимации УИК-01;
- специализированное программное обеспечение: «XRF Pro»;
- эксплуатационная документация;
- МВИ.



Рис.8

##### Основные технические характеристики

- Диапазон энергий регистрируемого излучения от 3 кэВ до 50 кэВ;
- Энергетическое разрешение по энергии 5,9 кэВ от 155 до 220 эВ;
- Интегральная нелинейность характеристики преобразования не более  $\pm 0,25\%$ ;
- Максимальная входная статистическая загрузка не более  $5 \cdot 10^4$  имп/с.;
- Нестабильность характеристики преобразования комплекса за 24 часа непрерывной работы не более  $\pm 0,2\%$ ;
- Предел допускаемой относительной погрешности измерения в точечной геометрии не более  $\pm 15\%$ .

На рис. 9 представлены спектры некоторых веществ, полученных на комплексе спектрометрическом СКС-07П-Р30: уран в смеси с цирконием, марганец, цирконий.

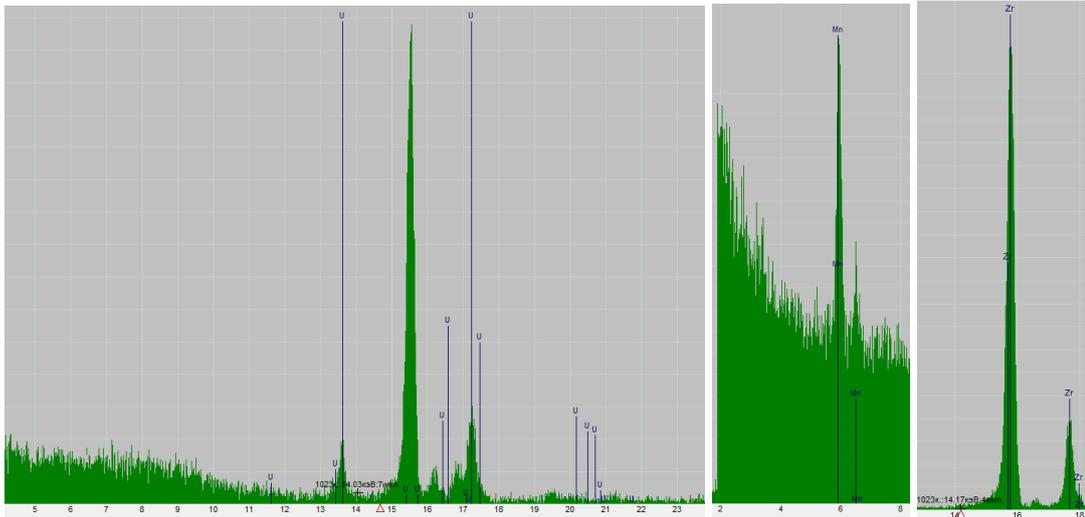


Рис.9

Комплекс спектрометрический СКС-07П-Р30 (пробоотборный) (рис.10) предназначен для измерения интенсивности аналитических линий радионуклидов по рентгеновскому излучению и путем их пересчета, экспрессного определения массовой концентрации элементов содержащихся в анализируемом образце (пробе) в геометрии, отличной от точечной (например, в счетных образцах, находящихся в измерительных кюветах объемом 20 мл), автоматизированной обработки результатов измерения, хранения и вывода информации.

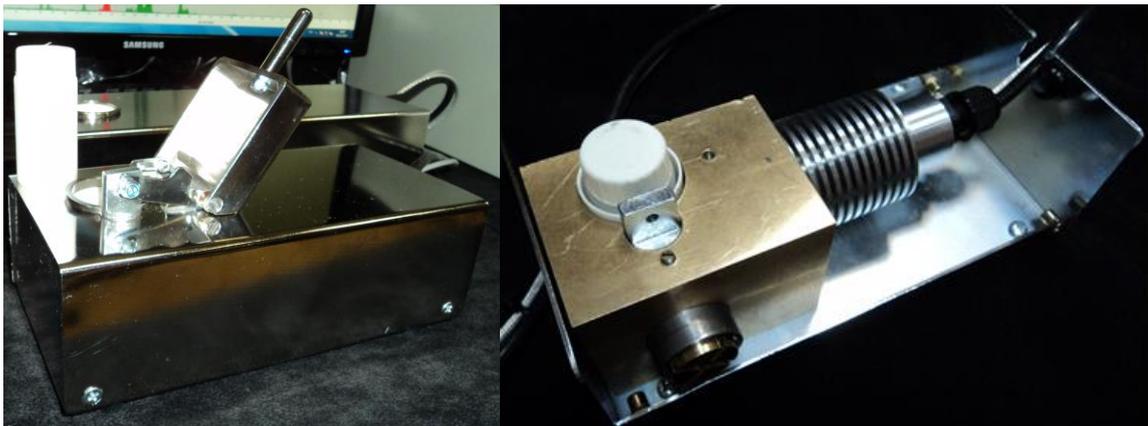


Рис.10

## 5. Комплекс спектрометрический регистрации рентгеновского и гамма излучения СКС-07П-Р31

Комплекс спектрометрический с СКС-07П-Р31 (рис.11) предназначен для измерения интенсивности аналитических линий радионуклидов по рентгеновскому и гамма излучению и путем их пересчета, экспрессного определения массовой концентрации элементов содержащихся в анализируемом образце (пробе) в геометрии, отличной от точечной (в счетных образцах, находящихся в проб отборных фторопластовых трубках внешним диаметром до 6 мм) от  $10 \text{ мг/дм}^3$  до  $1 \text{ г/дм}^3$  и более с разбавлением. Принцип работы рентгеновского тракта комплекса основан на возбуждении излучением радиоактивного источника с энергией 100 – 200 кэВ характеристического излучения атомов определяемых элементов и регистрации этого вторичного флуоресцентного излучения полупроводниковым блоком детектирования

Комплекс спектрометрический представляет собой измерительное устройство, в состав которого входят:

- рентгеновский тракт, состоящий из рентгеновского полупроводникового блока детектирования БДЭС-25Т-100 на основе кристалла AXR-100-CdTe (25 мм<sup>2</sup>, 100 мкм Ве) и цифрового процессора импульсных сигналов типа DWSS-01, находящихся в узле измерения и коллимации УИК-01;
- специализированное программное обеспечение: «XRF Pro»;
- эксплуатационная документация;
- МВИ.



Рис.11

### Основные технические характеристики

- Диапазон энергий регистрируемого излучения от 3 кэВ до 200 кэВ;
- Энергетическое разрешение по энергии 122 кэВ от 1.4 до 1.6 кэВ;
- Интегральная нелинейность характеристики преобразования не более  $\pm 0,25\%$ ;
- Максимальная входная статистическая загрузка не более  $5 \cdot 10^4$  имп/с.;
- Нестабильность характеристики преобразования комплекса за 24 часа непрерывной работы не более  $\pm 0,2\%$ ;
- Предел допускаемой относительной погрешности измерения в точечной геометрии не более  $\pm 15\%$ .

На рис. 12 представлены спектры некоторых веществ, полученных на комплексе спектрометрическом СКС-07П-Р31: Am-241, Eu-152 с ураном, уран в смеси с цирконием.

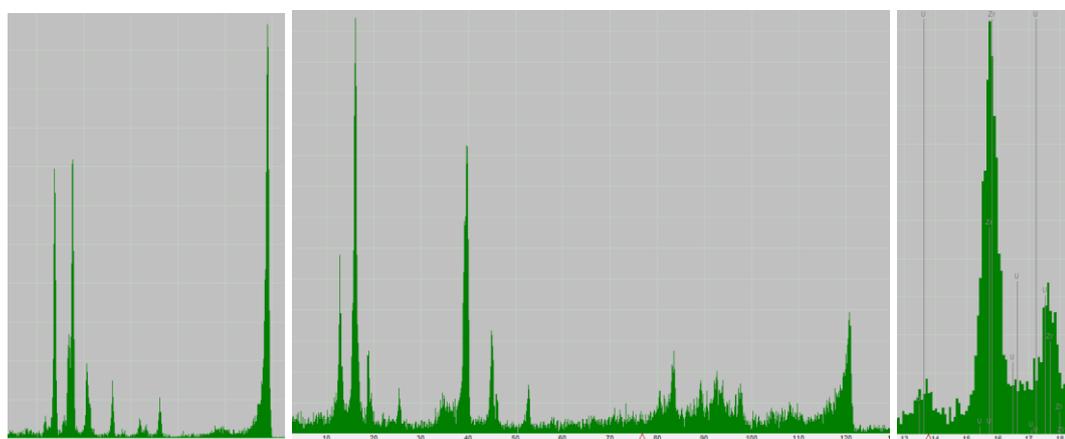


Рис.12