

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Спектрометры рентгенофлуоресцентные энергодисперсионные портативные СПЕКТРОСКАН GEO

#### Назначение средства измерений

Спектрометры рентгенофлуоресцентные энергодисперсионные портативные СПЕКТРОСКАН GEO (далее по тексту - спектрометры) предназначены для измерения содержания элементов, входящих в состав твердых и жидких веществ, порошков, пленок и материалов, в соответствии с аттестованными и стандартизованными методиками (методами) измерений.

#### Описание средства измерений

Принцип действия спектрометров основан на регистрации интенсивности вторичного рентгеновского излучения образца, возбуждаемого излучением рентгеновской трубки. Первичное рентгеновское излучение, испускаемое встроенной миниатюрной рентгеновской трубкой, поглощается и рассеивается на атомах исследуемой среды (образца). Следствием этих процессов является вторичное рентгеновское рассеянное и флуоресцентное излучение. Спектральный состав вторичного излучения позволяет оценить элементный состав среды. Идентификация элементного состава основана на том, что для каждого химического элемента спектр флуоресцентного излучения индивидуален, а интенсивность этого излучения пропорциональна массовой доле этого элемента.

Рентгеновский излучатель, включающий рентгеновскую трубку, содержит регулируемый источник накала катода трубки и регулируемый высоковольтный источник анодного напряжения, задающего ускоряющий потенциал трубки.

Регистрация вторичного рентгеновского излучения осуществляется с помощью детектора, состоящего из SDD-структуры, предварительного усилителя и термоэлектрического охладителя. Детектор преобразует энергию регистрируемого кванта в электрический импульс пропорциональной амплитуды. Рабочая температура детектора (от -30 до +50 °С) поддерживается термоэлектрическим охладителем.

Анализатор амплитуд импульсов состоит из спектрометрического усилителя импульсных сигналов и 12-ти разрядного спектрометрического аналого-цифрового преобразователя (АЦП), выполняющего преобразование амплитуд импульсов в цифровой код, максимальное значение которого составляет 4096 ( $2^{12}$ ). АЦП оснащен буферной памятью, в которой накапливаются результаты измерения амплитуд импульсов (в цифровом коде значения от 0 до 4095) и формируется спектр излучения от исследуемой среды (образца) - массив размерностью 4096, каждый элемент которого содержит число зарегистрированных импульсов (фотонов) амплитудой пропорциональной номеру элемент. Такой элемент массива называют энергетическим каналом, так как его номер пропорционален амплитуде импульса, а, следовательно, и энергии зарегистрированного фотона. Число таких каналов, зависящую от разрядности АЦП, характеризует дискретность (детальность) получаемого аппаратурного спектра.

Специализированный контроллер содержит микропроцессор, энергонезависимую память, таймеры, счетчики, буферные регистры и т.п. и предназначен для:

- организации связи между управляющим компьютером и блоком регистрации рентгеновского излучения (пересылка команд управления и данных);
- определения и учета временных характеристик процесса измерения («реальное время, «живое время», «мертвое время»);
- управления работой блока питания термоохладителя (контроль и поддержание рабочей температуры детектора);

Архангельск (8182)63-90-72  
Астана (7172)727-132  
Астрахань (8512)99-46-04  
Барнаул (3852)73-04-60  
Белгород (4722)40-23-64  
Брянск (4832)59-03-52  
Владивосток (423)249-28-31  
Волгоград (844)278-03-48  
Вологда (8172)26-41-59  
Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89  
Иваново (4932)77-34-06

Ижевск (3412)26-03-58  
Иркутск (395)279-98-46  
Казань (843)206-01-48  
Калининград (4012)72-03-81  
Калуга (4842)92-23-67  
Кемерово (3842)65-04-62  
Киров (8332)68-02-04  
Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61  
Курск (4712)77-13-04  
Липецк (4742)52-20-81  
Киргизия (996)312-96-26-47

Магнитогорск (3519)55-03-13  
Москва (495)268-04-70  
Мурманск (8152)59-64-93  
Набережные Челны (8552)20-53-41  
Нижний Новгород (831)429-08-12  
Новокузнецк (3843)20-46-81  
Новосибирск (383)227-86-73  
Омск (3812)21-46-40  
Орел (4862)44-53-42  
Оренбург (3532)37-68-04  
Пенза (8412)22-31-16  
Казахстан (772)734-952-31

Пермь (342)205-81-47  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
Рязань (4912)46-61-64  
Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40  
Саратов (845)249-38-78  
Севастополь (8692)22-31-93  
Симферополь (3652)67-13-56  
Смоленск (4812)29-41-54  
Сочи (862)225-72-31  
Ставрополь (8652)20-65-13  
Таджикистан (992)427-82-92-69

Сургут (3462)77-98-35  
Тверь (4822)63-31-35  
Томск (3822)98-41-53  
Тула (4872)74-02-29  
Тюмень (3452)66-21-18  
Ульяновск (8422)24-23-59  
Уфа (347)229-48-12  
Хабаровск (4212)92-98-04  
Челябинск (351)202-03-61  
Череповец (8202)49-02-64  
Ярославль (4852)69-52-93

- управления генератором рентгеновского излучения (подъем и сброс высокого напряжения, контроль и поддержание постоянного тока эмиссии катода). Спектрометр включает в себя спектрометрический блок и отдельный карманный компьютер, подключаемый к спектрометрическому блоку с помощью кабеля. В спектрометрическом блоке установлены основные узлы (рентгеновский излучатель, детектор, анализатор импульсов и контроллер) а также вспомогательные электронные узлы. Спектрометр выпускается в двух исполнениях: GEO и GEO D. В исполнении GEO спектрометр оснащен рукояткой с кнопкой (курком). Этот курок является основным органом управления в условиях автономной работы. Питание датчика спектрометра осуществляется от аккумуляторной батареи, расположенной в рукоятке.

В исполнении GEO D спектрометр снабжается специальным стендом, который позволяет использовать прибор как настольный. Стенд обеспечивает полную защиту обслуживающего персонала от неиспользуемого рентгеновского излучения. Питание датчика в этом исполнении осуществляется от внешнего аккумулятора.

Управление датчиком (подача команд установки режима работы и включения/выключения рентгеновской трубки, запуск/останов измерения спектра, получения параметров статуса датчика и т.д.) осуществляется посредством карманного персонального компьютера (КПК) с запущенным программным обеспечением «СПЕКТРОСКАН GEO».

Команды пользователя могут приниматься как через запрограммированные интерфейсные элементы управления сенсорного экрана КПК, так и с помощью кнопки-курка, расположенной на рукоятке датчика (для исполнения GEO).

Внешний вид спектрометров приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Спектрометр рентенофлуоресцентный энергодисперсионный портативный  
СПЕКТРОСКАН GEO

## Программное обеспечение

Спектрометры оснащены автономным ПО СПЕКТРОСКАН GEO, которое управляет работой спектрометра и отображает, обрабатывает и хранит полученные данные. ПО предназначено для карманных компьютеров (КПК), работающих под управлением операционной системы Windows Mobile 5.0 и выше. Идентификационные данные ПО приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Идентификационные данные ПО

| Идентификационные данные (признаки) | Значение        |
|-------------------------------------|-----------------|
| Идентификационное наименование ПО   | СПЕКТРОСКАН GEO |
| Номер версии                        | Не ниже 1.1.2.1 |
| Цифровой идентификатор              | -               |

Все ПО является метрологически значимым и выполняет следующие функции:

- управление спектрометром;
- считывание, хранение, обработка результатов измерений,
- редактирование и хранение базы методов измерения и стандартных образцов,
- определение и хранение калибровочных коэффициентов энергетической шкалы.

Уровень защиты ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «низкий» по Р 50.2.077-2014. Влияние ПО на метрологические характеристики учтено при их нормировании.

## Метрологические и технические характеристики

приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Метрологические и технические характеристики

| Наименование характеристики                                                                                                                                 | Значение характеристики        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Диапазон определяемых элементов                                                                                                                             | от Ti(22) до U(92)             |
| Энергетическое разрешение (ширина пика на полувысоте) на линии 8,04 кэВ (CuK $\alpha$ ), эВ, не более                                                       | 190                            |
| Скорость счета и контрастность пиков контрольных элементов, не менее                                                                                        | Значения приведены в таблице 2 |
| Пределы допускаемой основной аппаратурной погрешности ( $A_0$ ) спектрометра при измерении скорости счета (по линии CuK $\alpha$ ), %                       | 0,5                            |
| Пределы допускаемой дополнительной аппаратурной погрешности при изменении температуры окружающего воздуха на каждые 10 °С в рабочем диапазоне температур, % | 2,0                            |
| Дрейф показаний спектрометра за 8 ч непрерывной работы, %, не более                                                                                         | $\pm 1,0$                      |
| Число энергетических каналов спектрометра                                                                                                                   | 4096                           |
| Рабочее напряжение рентгеновской трубки, кВ                                                                                                                 | до 50                          |
| Ток рентгеновской трубки, мкА                                                                                                                               | до 100                         |
| Напряжение питания постоянного тока от встроенной аккумуляторной батареи (для исполнения «СПЕКТРОСКАН GEO»), В                                              | 7,2 $\pm$ 0,1                  |
| Напряжение питания постоянного тока от внешней аккумуляторной батареи, В                                                                                    | от 18 до 24                    |

| Наименование характеристики                                                                                                                                                                                                                                                          | Значение характеристики                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Напряжение питания зарядного устройства встроенного/внешнего аккумулятора, В                                                                                                                                                                                                         | От 100 до 240                                                |
| Потребляемая мощность зарядного устройства, В·А, не более                                                                                                                                                                                                                            | 168                                                          |
| Габаритные размеры спектрометрического блока, мм, не более:<br>без рукоятки (диаметр×длина)<br>с рукояткой, Д×Ш×В                                                                                                                                                                    | 103×300<br>300×103×280                                       |
| Масса спектрометрического блока с рукояткой, кг, не более                                                                                                                                                                                                                            | 2,4                                                          |
| Габаритные размеры управляющего устройства (КПК), мм, не более                                                                                                                                                                                                                       | 120×40×190                                                   |
| Масса управляющего устройства, кг, не более                                                                                                                                                                                                                                          | 0,35                                                         |
| Габаритные размеры настольного стенда, мм, Д×Ш×В                                                                                                                                                                                                                                     | 515×360×275                                                  |
| Масса настольного стенда, кг, не более                                                                                                                                                                                                                                               | 12                                                           |
| Средний срок службы, лет                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                                                            |
| Средняя наработка на отказ, ч                                                                                                                                                                                                                                                        | 2200                                                         |
| Условия эксплуатации:<br>-диапазон температуры окружающего воздуха (рабочие условия эксплуатации), °С<br>-диапазон температуры окружающего воздуха (нормальные условия эксплуатации) , °С<br>-атмосферное давление, кПа<br>-относительная влажность воздуха (при 25 °С), %, не более | от -40 до +40<br><br>от +15 до +25<br>от 84 до 107<br><br>80 |

Таблица 3 - Скорость счета и контрастность

| Элемент | Аналитическая линия | Энергия линии, кэВ | Границы интервала энергии, кэВ |        | Стандартный образец     | Скорость счета, с <sup>-1</sup> , не менее | Контрастность, не менее |
|---------|---------------------|--------------------|--------------------------------|--------|-------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|         |                     |                    | Левая                          | Правая |                         |                                            |                         |
| Mn      | Kα                  | 5,90               | 5,79                           | 6,01   | GCO 10662-2015 VSAC11-4 | 25                                         | 0,6                     |
| Fe      | Kα                  | 6,40               | 6,19                           | 6,60   | GCO 10662-2015 VSAC11-4 | 100                                        | 2,8                     |
| Cu      | Kα                  | 8,04               | 7,86                           | 8,21   | GCO 9424-2009 VSAC2-5   | 710                                        | 21                      |
| Zn      | Kα                  | 8,63               | 8,48                           | 8,78   | GCO 9424-2009 VSAC2-5   | 610                                        | 30                      |
| Pb      | Lα                  | 10,54              | 10,35                          | 10,75  | GCO 10662-2015 VSAC11-4 | 40                                         | 2,8                     |
| Zr      | Kα                  | 15,75              | 15,53                          | 16,00  | GCO 10662-2015 VSAC11-4 | 175                                        | 6,0                     |
| Sn      | Kα                  | 25,19              | 24,81                          | 25,58  | GCO 10662-2015 VSAC11-4 | 1050                                       | 4,8                     |

### Знак утверждения типа

наносится на титульный лист Руководства по эксплуатации методом компьютерной графики и на левую стенку корпуса спектрометра в виде наклейки.

**Комплектность средства измерений**  
приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Комплектность средства измерений

| Наименование                                                                                     | Обозначение                           | Примечание                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1                                                                                                | 2                                     | 3                                                   |
| Спектрометрический блок                                                                          | РА14.200.000                          |                                                     |
| Карманный персональный компьютер в ударопрочной оболочке                                         |                                       | Покупное                                            |
| Рукоятка с аккумуляторным отсеком                                                                | РА14.220.000                          | Только для исполнения «СПЕКТРОСКАН GEO»             |
| Аккумулятор Inspired Energy ND2057                                                               |                                       | Покупное. Только для исполнения «СПЕКТРОСКАН GEO»   |
| Кабель соединительный                                                                            | РА14.400.100                          |                                                     |
| Стенд для настольной работы                                                                      | РА14.600.000                          | Только для исполнения «СПЕКТРОСКАН GEO D»           |
| Внешняя аккумуляторная батарея eX-power II (20200 mAh, 75 Wh)                                    |                                       | Покупное. Только для исполнения «СПЕКТРОСКАН GEO D» |
| Комплект инструмента и принадлежностей                                                           |                                       | Согласно ведомости ЗИП                              |
| Комплект эксплуатационных документов:                                                            |                                       |                                                     |
| Паспорт                                                                                          | РА14.000.000 ПС<br>РА14.000.000-01 ПС | «СПЕКТРОСКАН GEO»<br>«СПЕКТРОСКАН GEO D»            |
| Руководство по эксплуатации                                                                      | РА14.000.000 РЭ<br>РА14.000.000-01 РЭ | «СПЕКТРОСКАН GEO»<br>«СПЕКТРОСКАН GEO D»            |
| Руководство пользователя программы СПЕКТРОСКАН GEO для карманного персонального компьютера (КПК) |                                       |                                                     |
| Ведомость ЗИП                                                                                    | РА14.000.000 ЗИ                       |                                                     |
| Методика поверки                                                                                 | МП-242-2039-2016                      |                                                     |

### Поверка

осуществляется по документу МП-242-2039-2016 «Спектрометры рентгенофлуоресцентные энергодисперсионные портативные СПЕКТРОСКАН GEO. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» 30.08.2016 г.

Основные средства поверки: стандартный образец состава сплавов алюминиевых ГСО 10662-2015 (индекс VSAC11-4); стандартный образец состава сплавов алюминиевых ГСО 9424-2009 (индекс VSAC2-5). Стандартный образец состава алюминия ГСО 9083-2008 (индекс VSA3-K).

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

Знак поверки наносится на боковую поверхность спектрометра как показано на рисунке 1.

### Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в эксплуатационном документе.

## Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к спектрометрам рентгенофлуоресцентным энергодисперсионным портативным СПЕКТРОСКАН GEO

Технические условия ТУ 4276-009-23124704-2015.

Архангельск (8182)63-90-72  
Астана (7172)727-132  
Астрахань (8512)99-46-04  
Барнаул (3852)73-04-60  
Белгород (4722)40-23-64  
Брянск (4832)59-03-52  
Владивосток (423)249-28-31  
Волгоград (844)278-03-48  
Вологда (8172)26-41-59  
Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89  
Иваново (4932)77-34-06

Ижевск (3412)26-03-58  
Иркутск (395)279-98-46  
Казань (843)206-01-48  
Калининград (4012)72-03-81  
Калуга (4842)92-23-67  
Кемерово (3842)65-04-62  
Киров (8332)68-02-04  
Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61  
Курск (4712)77-13-04  
Липецк (4742)52-20-81  
Киргизия (996)312-96-26-47

Магнитогорск (3519)55-03-13  
Москва (495)268-04-70  
Мурманск (8152)59-64-93  
Набережные Челны (8552)20-53-41  
Нижний Новгород (831)429-08-12  
Новокузнецк (3843)20-46-81  
Новосибирск (383)227-86-73  
Омск (3812)21-46-40  
Орел (4862)44-53-42  
Оренбург (3532)37-68-04  
Пенза (8412)22-31-16  
Казахстан (772)734-952-31

Пермь (342)205-81-47  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
Рязань (4912)46-61-64  
Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40  
Саратов (845)249-38-78  
Севастополь (8692)22-31-93  
Симферополь (3652)67-13-56  
Смоленск (4812)29-41-54  
Сочи (862)225-72-31  
Ставрополь (8652)20-65-13  
Таджикистан (992)427-82-92-69

Сургут (3462)77-98-35  
Тверь (4822)63-31-35  
Томск (3822)98-41-53  
Тула (4872)74-02-29  
Тюмень (3452)66-21-18  
Ульяновск (8422)24-23-59  
Уфа (347)229-48-12  
Хабаровск (4212)92-98-04  
Челябинск (351)202-03-61  
Череповец (8202)49-02-64  
Ярославль (4852)69-52-93

<https://spectroscan.nt-rt.ru/> || [snz@nt-rt.ru](mailto:snz@nt-rt.ru)