

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Анализатор «4К»

#### Назначение средства измерений

Анализаторы «4К», заводские номера 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 предназначены для автоматического измерения массовой концентрации урана и/или массовой концентрации изотопа урана-235 в технологических азотнокислых и/или органических растворах, с целью контроля технологических параметров и/или параметров ядерной безопасности при работе с ядерно-опасным оборудованием.

#### Описание средства измерений

Анализатор «4К» имеет четыре измерительных узла (гамма-абсорбционных и/или автоэмиссионных). Гамма-абсорбционный измерительный узел предназначен для измерений массовой концентрации урана в азотнокислых и/или органических растворах гамма-абсорбционным методом. Автоэмиссионный измерительный узел предназначен для измерений массовой концентрации урана-235 в азотнокислых растворах автоэмиссионным методом. Анализатор позволяет непрерывно измерять текущие значения массовой концентрации урана и массовой концентрации урана-235 в растворах одновременно в четырех точках технологического оборудования. Общий вид технологического оборудования с установленным анализатором приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 — Общий вид анализатора «4К», установленного в технологическое оборудование

Автоэмиссионные измерительные узлы анализатора, используемые в диапазоне измерений массовой концентрации урана-235 в азотнокислых растворах от 0 до 1,000 г/дм<sup>3</sup>, могут быть использованы как приборы контроля параметров ядерной безопасности. Указанные измерительные узлы анализатора обеспечивают выдачу релейных сигналов о превышении аварийного порогового уровня значения массовой концентрации урана-235 в растворе равного 0,500

г/дм<sup>3</sup>. Кроме этого автоэмиссионные измерительные узлы обеспечивают непрерывную самодиагностику и выдачу релейного сигнала об отказе измерительного узла, используемого в качестве прибора контроля параметров ядерной безопасности.

Вид гамма-абсорбционного и автоэмиссионного измерительных узлов приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 — Вид гамма-абсорбционного (сверху) и автоэмиссионного (снизу) измерительных узлов

Анализатор имеет пять различных модификаций:

- 4Я — четыре автоэмиссионных измерительных узла;
- 1СЗЯ — один гамма-абсорбционный измерительный узел, второй, третий и четвертый автоэмиссионный измерительный узел;
- 2С2Я — первый и второй гамма-абсорбционный измерительный узел, третий, четвертый автоэмиссионный измерительный узел;
- 3С1Я — первый, второй и третий гамма-абсорбционный измерительный узел, четвертый автоэмиссионный измерительный узел;
- 4С — четыре гамма-абсорбционных измерительных узла.

Комплект поставки анализатора предусматривает возможность использования в любой вышеуказанной его модификации.

Анализаторы «4К» с заводским номером 29 и 36 имеет модификацию 4С – четыре гамма-абсорбционных измерительных узла; с заводским номером 30 – модификацию 1СЗЯ (один гамма-абсорбционный и три автоэмиссионных измерительных узла); с заводскими номерами 31, 32 33, 34, 35 - модификацию 4Я (четыре автоэмиссионных измерительных узла).

Принцип работы анализатора основан на регистрации фотонного (рентгеновского и гамма-) излучения в диапазоне энергий от 30 до 300 кэВ сцинтилляционными спектрометрическими блоками детектирования (БД). Импульсные сигналы от БД с амплитудой, пропорциональной энергии зарегистрированного фотона, поступают в спектрометр. Совокупности сигналов БД за время измерения преобразуется в цифровые спектры, обрабатываемые персональным компьютером (ПК). Полученные спектры обрабатываются ПК и преобразуются в значения массовых концентраций урана и изотопа урана-235 полученных гамма-абсорбционным и/или автоэмиссионным методом измерений.

В состав анализатора, установленного в четырех контрольных точках технологического оборудования входят гамма-абсорбционный и/или автоэмиссионный узел измерения (измерительный преобразователь), подключаемый к технологическому трубопроводу, а также вторичный преобразователь, устанавливаемый в помещении службы КИПиА. БД помещается в узел измерения. БД анализатора приспособлены для работы в составе любого узла измерения. В со-

став вторичного преобразователя входят спектрометр и ПК, расположенный в стойке анализатора (см. рисунок 3).



Рисунок 3 — Общий вид стоек анализаторов «4К» с персональными компьютерами

При контроле массовой концентрации урана в технологическом азотнокислом и органическом растворе гамма-абсорбционным методом, применяется источник ионизирующего излучения (ИИИ) с радионуклидом америция-241, типа ИГИА-1-5 по ТУ 95.7179-76, мощностью экспозиционной дозы не более  $6,54 \cdot 10^{-11}$  А/кг, активностью радионуклида не более  $3,81 \cdot 10^9$  Бк.

Анализатор имеет нормально замкнутые релейные выходы, предназначенные для подключения к обмоткам управления релейных цепей выдачи звукового и светового сигналов и сигнала блокировки работы технологического оборудования в случае отказа отдельного измерительного узла или всего анализатора, или превышения предупредительного или аварийного порогов. Снятие релейного сигнала в случае превышения аварийного порога массовой концентрации урана-235 или массовой концентрации урана или отказа измерительных узлов производится только оператором. Снятие релейного сигнала в случае превышения предупредительного порога массовой концентрации урана-235 или массовой концентрации урана производится автоматически при снижении массовой концентрации урана-235 или массовой концентрации урана ниже предупредительного порога.

Каждый измерительный узел анализатора имеет дополнительный унифицированный токовый выход от 4 до 20 мА, предназначенный для связи с изделиями ГСП в системах автоматического управления, имеющими входное сопротивление не менее 1,0 кОм.

По степени защиты от воздействия окружающей среды измерительные узлы анализатора вместе с БД защищены от воздействия пыли и брызг (степень защиты IP54 по ГОСТ 14254-80), вторичный преобразователь выполнен в обыкновенном исполнении (степень защиты IP10 по ГОСТ 14254-80).

### **Программное обеспечение**

Работа всего анализатора во всех режимах осуществляется под управлением программного обеспечения (ПО) “RAINBOW”, которое непрерывно обрабатывает зарегистрированные спектры, полученные гамма-абсорбционным или автоэмиссионным методом. Кроме этого спек-

тры анализируются с целью контроля работоспособности всех спектрометрических устройств анализатора. ПО "RAINBOW", также корректирует коэффициенты усиления всех спектрометрических устройств анализатора для учета температурного, временного и т.п. дрейфа. Все зарегистрированные спектры и все результаты 10-ти тысяч измерений анализатора хранятся в ПК и отображаются на экране монитора.

Программа и параметры настройки модулей ввода аналоговых сигналов хранятся в перепрограммируемое программное запоминающее устройство (ППЗУ). Изменения исходных данных возможны только по паролю в соответствии с уровнями доступа.

Программное обеспечение на метрологические характеристики анализатора влияния не оказывает и имеет уровень защиты "А" в соответствии с МИ 3286-2010.

Таблица 1 - Идентификационные данные программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения, Б	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора
1	Rainbow	Rainbow	9.0.2	2570279	-

### Метрологические и технические характеристики

Диапазон измерений массовой концентрации урана в технологических азотнокислых растворах, г/дм<sup>3</sup> ..... от 0 до 100,0

Границы погрешности измерений массовой концентрации урана в азотнокислых растворах без мешающих примесей\* при P=0,95, не более, г/дм<sup>3</sup> ..... ±5,0

Границы погрешности измерений массовой концентрации урана в азотнокислых растворах с примесями\* при P=0,95, не более, г/дм<sup>3</sup> ..... ±7,0

Диапазон измерений массовой концентрации урана в технологических азотнокислых растворах, г/дм<sup>3</sup> ..... от 0 до 200,0

Границы погрешности измерений массовой концентрации урана в азотнокислых растворах без мешающих примесей\* при P=0,95, не более г/дм<sup>3</sup> ..... ±10,0

Границы погрешности измерений массовой концентрации урана в азотнокислых растворах с примесями\* при P=0,95, не более, г/дм<sup>3</sup> ..... ±14,0

Диапазон измерений массовой концентрации урана в технологических органических растворах, г/дм<sup>3</sup> ..... от 0 до 90,0

Границы погрешности измерений массовой концентрации урана в органических растворах без мешающих примесей\* при P=0,95, не более, г/дм<sup>3</sup> ..... ±6,0

Границы погрешности измерений массовой концентрации урана в органических растворах с примесями\* при P=0,95, не более, г/дм<sup>3</sup> ..... ±8,0

Диапазон измерений массовой концентрации урана-235 в технологических азотнокислых растворах, г/дм<sup>3</sup> ..... от 0 до 0,250

Границы погрешности измерений массовой концентрации урана-235 в азотнокислых растворах при P=0,95, не более, г/дм<sup>3</sup> ..... ±0,025

Диапазон измерений массовой концентрации урана-235 в технологических азотнокислых растворах, г/дм<sup>3</sup> ..... от 0 до 1,000

Границы погрешности измерений массовой концентрации урана-235 в азотнокислых растворах при P=0,95, не более, г/дм<sup>3</sup> ..... ±0,070

Диапазон измерений массовой концентрации урана-235 в технологических азотнокислых растворах, г/дм<sup>3</sup> ..... от 0 до 10,00

Границы погрешности измерений массовой концентрации урана-235 в азотнокислых растворах при P=0,95, не более, г/дм<sup>3</sup> ..... ±0,75

Параметры контролируемых технологических растворов, характеризующие условия эксплуатации анализатора:

-температура технологического раствора при охлаждении БД автоэмис-

сионного измерительного узла, сжатым воздухом с объёмных расходом не менее 1 м <sup>3</sup> /мин, не более, °С .....	100
-температура технологического раствора при отсутствии охлаждения БД	
автоэмиссионного измерительного узла сжатым воздухом, не более, °С.....	60
-избыточное давление в технологическом трубопроводе, не более, кПа...	98
-массовая концентрация урана в азотнокислых растворах, не более, г/дм <sup>3</sup> .....	200
-массовая концентрация урана в органических растворах, не более, г/дм <sup>3</sup> .....	90
-массовая концентрация урана-235 в азотнокислых растворах, не более, г/дм <sup>3</sup> .....	10
-массовая концентрация азотной кислоты в азотнокислых растворах, не более, г/дм <sup>3</sup> .....	300
-массовая концентрация трибутилфосфата (ТБФ) в органических растворах, не более, г/дм <sup>3</sup> .....	250
-массовая концентрация железа в азотнокислых растворах, не более г/дм <sup>3</sup> .....	6
-массовая концентрация алюминия в азотнокислых растворах, не более, г/дм <sup>3</sup> .....	30
-условная массовая доля урана-232 в технологических растворах, не более, % .....	2·10 <sup>-7</sup>
Измерительные узлы анализатора приспособлены для подключения к трубопроводу с внутренним диаметром, мм.....	от 25 до 50
Нормально замкнутые релейные выходы анализатора предназначены для подключения к обмоткам управления релейных цепей с максимальными параметрами:	
-напряжение, не более, В.....	плюс 24
-ток не более, мА.....	80
Длина соединительного кабеля между вторичным преобразователем и измерительным узлом, не более, м.....	150
Электропитание от источника переменного тока:	
-напряжение, В.....	от 187 до 242
-частота, Гц .....	50±1
-потребляемая мощность, не более, В·А .....	240
Габаритные размеры (высота × ширина × глубина), не более, мм:	
-гамма-абсорбционного измерительного узла.....	220×500×140
-автоэмиссионного измерительного узла.....	220×500×200
-вторичного преобразователя.....	соответствуют габаритным размерам ПК
Масса, не более, кг:	
-гамма-абсорбционного измерительного узла.....	3,0
-автоэмиссионного измерительного узла.....	5,0
-вторичного преобразователя.....	соответствуют массе ПК
Вместимость проточной кюветы, не более, дм <sup>3</sup> :	
-гамма-абсорбционного измерительного узла.....	0,015
-автоэмиссионного измерительного узла.....	4,0
Номинальная вместимость контрольной кюветы, дм <sup>3</sup> :	
-гамма-абсорбционного измерительного узла.....	0,025
-автоэмиссионного измерительного узла.....	3,2
Условия эксплуатации:	
-температура окружающего воздуха, °С.....	от 10 до 40
-относительная влажность, не более, % .....	80
-атмосферное давление, кПа .....	от 84 до 106
-на месте установки наличие вибрации с частотой до 25 Гц и амплиту-	

дой до 0,1 мм

Мощность поглощенной дозы гамма-излучения, не более, мкГр/ч:	
-у поверхности измерительного узла с ИИИ.....	100
-на расстоянии 1 м от него.....	3
Режим работы анализатора.....	непрерывный
Длительность одного цикла измерений выбирается в интервале времени, с.....	от 60 до 999
Время установления рабочего режима измерений, не более, мин.....	10
Гарантия безотказной работы, не менее, год .....	1
Средний срок службы, не менее, лет.....	8

Примечание:

\* — мешающими примесями в азотнокислых технологических растворах для гамма-абсорбционного метода измерений являются примеси железа и алюминия, а также массовая концентрация азотной кислоты свыше 200 г/дм<sup>3</sup>, а в органических технологических растворах — массовая концентрация ТБФ свыше 200 г/дм<sup>3</sup>.

### Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится методом штемпелевания на титульный лист Руководства по эксплуатации НВТ.02.156 РЭ.

### Комплектность средства измерений

1. Гамма-абсорбционные измерительные узлы — 4 шт.
2. Автоэмиссионные измерительные узлы — 4 шт.
3. Блоки детектирования — 4 шт.
4. Вторичный преобразователь — 1 шт.
5. Руководство по эксплуатации «АНАЛИЗАТОР «4К»» НВТ.02.156 РЭ — 1 шт.
6. Методика поверки (раздел «Методика поверки» НВТ.02.156 РЭ).

### Поверка

Поверка осуществляется в соответствии с разделом 4 «Методика поверки» Руководства по эксплуатации НВТ.02.156 РЭ «Анализатор «4К», утвержденным ГЦИ СИ ОАО «Машиностроительный завод» 20.11.2012 г.

В перечень основного поверочного оборудования входят:

Комплект АС1- АС41 аттестованных смесей (АС) состава азотнокислых и органических растворов, приготовленных по технологической инструкции ОАО «МСЗ» ТИ 25000.00496 и аттестованных на массовую концентрацию урана в азотнокислых и органических растворах и массовую концентрацию урана-235 в азотнокислых растворах, диапазон аттестованных значений массовой концентрации урана в АС состава азотнокислых растворов от 10,00 до 180,0 г/дм<sup>3</sup>, границы относительной погрешности аттестованного значения массовой концентрации урана при доверительной вероятности  $P=0,95$  не более  $\pm 1$  %, диапазон аттестованных значений массовой концентрации урана в АС состава органических растворов от 4,90 до 80,0 г/дм<sup>3</sup>, границы относительной погрешности аттестованного значения массовой концентрации урана при доверительной вероятности  $P=0,95$  не более  $\pm 2,5$  %, диапазон аттестованных значений массовой концентрации урана-235 в АС состава азотнокислых растворов от 0,025 до 9,00 г/дм<sup>3</sup>, границы относительной погрешности аттестованного значения массовой концентрации урана-235 при доверительной вероятности  $P=0,95$  не более  $\pm 2$  %.

Измеритель комбинированный TESTO-400 №00468278/011, диапазоны измерений температуры от минус 20 до 70 °С, относительной влажности от 0 до 100 %, атмосферного давления от 0 до 2000 гПа; пределы допускаемых основных погрешностей измерений: температуры  $\pm$

0,5 °С, относительной влажности  $\pm 2\%$ , абсолютного давления  $\pm 5$  гПа, свидетельства о поверке № 184390 от 25.07.2012 № 207/12-0672п от 22.06.2012 выдано ФГУ Ростест-Москва.

Секундомер СОСпр-26-2-000, ТУ 25-1894.003-90 № 6081, з/н 3005, диапазон измерения 0...60 мин., предел допускаемой погрешности  $\pm 0,2$  сек., свидетельство о поверке № 110-12/0024 до 20.01.2013 выдано ОАО «Машиностроительный завод».

Мультиметр цифровой М890G № 05342787, диапазоны измерений силы постоянного тока от 0 до 200 мА и от 0 до 20 А, напряжения постоянного тока от 0 до 20 В и от 0 до 200 В; пределы допускаемых основных погрешностей измерения силы постоянного тока 1,2% +1 ед. сч. и 2% +1 ед. сч., напряжения постоянного тока 0,5% +1 ед. сч., поверен в ОАО «Машиностроительный завод» до 07.04.2013

Блок питания Б5-70 № 159, диапазон выходных напряжений от 0 до 30 В и выходной ток до 5 А. Свидетельство о поверке № 110-11/0895 годен до 29.09.2012 г.

Резистор МЛТ2 номинальным сопротивлением 240 Ом, с отклонением от номинального значения  $\pm 10\%$ .

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

Методика (метод измерений) содержится в руководстве по эксплуатации на «Анализатор «4К» НВТ.02.156 РЭ

### **Нормативные и технические документы**

Руководство по эксплуатации «Анализатор «4К» НВТ.02.156 РЭ.

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

Осуществление деятельности в области использования атомной энергии.

Измерение массовой концентрации урана и/или массовой концентрации изотопа урана-235 в технологических азотнокислых и/или органических растворах, с целью контроля технологических параметров и/или параметров ядерной безопасности при работе с ядерно-опасным оборудованием.

### **Изготовитель**

ООО «СКТБ “Новатор”», г. Москва, 117393, г. Москва, ул. Архитектора Власова, дом 51. Тел. (916) 682-62-93 совместно ОАО «Машиностроительный завод», 144001, г. Электросталь, Московской области, улица Карла Маркса, д. 12, телефон (495) 702-99-01, факс (496) 577-64-91.

### **Испытательный центр**

ГЦИ СИ ОАО «Машиностроительный завод», 144001, г. Электросталь, Московской области, улица Карла Маркса, д. 12, телефон (495) 702-99-73, факс (495) 702-97-69, электронная почта [metrolog@elemash.ru](mailto:metrolog@elemash.ru). Номер аттестата аккредитации – 30080-09.

Заместитель Руководителя  
Федерального агентства по  
техническому регулированию  
и метрологии

Ф.В. Булыгин

М.п.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.