

# Аналитические приборы





Акционерное общество «Инновационный центр «Буревестник» - крупнейшее в СНГ предприятие по исследованию, разработке и производству рентгеновской аппаратуры для промышленных и научных целей. Предприятие ведет свою историю с 1959 г. - года создания Специализированного Конструкторского Бюро рентгеновской аппаратуры (СКБ РА), в подчинение которому был передан завод «Буревестник», выпустивший в 1928 г. первый отечественный рентгеновский аппарат.

Уже более полувека ИЦ «Буревестник» создает приборы для нужд различных отраслей и направлений научно-технической деятельности, таких как горнодобывающая и горно-обогатительная промышленность, атомная энергетика, нефтепереработка, металлургия, машиностроение, электронная промышленность, наноиндустрия и мониторинг окружающей среды, постоянно совершенствуя свои технологии с учётом прогрессивных требований рынка.

Главными ориентирами нашей деятельности по-прежнему остаются высокий технический уровень и качество выпускаемой продукции, индивидуальный подход к решению задач заказчика, оказание всесторонней поддержки, включая обучение персонала, послепродажное обслуживание, методическое и информационное сопровождение.

Система менеджмента качества предприятия сертифицирована на соответствие требованиям ISO 9001-2015. Кроме того, ИЦ «Буревестник» сертифицирован по системе экологического менеджмента ISO 14001-2016 и системе менеджмента профессиональной безопасности и здоровья OHSAS 45001:2020.

# СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Дифрактометры</b>                                                                    | <b>4</b>  |
| Многофункциональный рентгеновский дифрактометр ДРОН-8(8Н) и ДРОН-8Т                     | 4         |
| Области применения рентгеновских дифрактометров                                         | 6         |
| Опции для ДРОН-8(8Н) и ДРОН-8Т                                                          | 8         |
| Программное обеспечение для дифрактометров                                              | 13        |
| Аналитическое программное обеспечение для обработки и анализа данных                    | 14        |
| Настольный дифрактометр КОЛИБРИ                                                         | 16        |
| <b>Спектрометры и анализаторы</b>                                                       | <b>18</b> |
| Универсальный рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный спектрометр БРА-135F           | 18        |
| Рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный анализатор серы в нефтепродуктах АСЭ-2       | 22        |
| Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный анализатор серы в нефтепродуктах АСВ-2        | 23        |
| Рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный анализатор серы в нефтепродуктах АСЭ-3       | 24        |
| Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный анализатор серы в нефтепродуктах АСВ-3        | 25        |
| Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный анализатор пульп, суспензий и растворов АР-35 | 26        |
| Специализированный рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный анализатор АРФ-7           | 28        |
| <b>Элементы рентгеновской кристаллооптики</b>                                           | <b>30</b> |



# Многофункциональный рентгеновский дифрактометр ДРОН-8(8Н)/8Т



Конструкция дифрактометров обеспечивает полную защиту обслуживающего персонала от рентгеновского излучения.

Высокоточный широкоугольный вертикальный  $\theta$ – $\theta$  гониометр переменного радиуса

Автоматическая юстировка плоскости образца

Реализация различных методов измерения

Гибкая конфигурация аппарата и широкий спектр опций

Разнообразие рентгенооптических схем

Программное управление всеми устройствами и механизмами

Рентгеновские дифрактометры способны решать широкий круг задач порошковой дифрактометрии:

- качественный и количественный анализ фазового (минерального) состава широкого круга объектов;
- определение ориентировки монокристаллических образцов;
- анализ текстурированного и напряженного состояния поликристаллических объектов;
- определение различных структурных характеристик кристаллических материалов, в том числе исследование атомного строения.

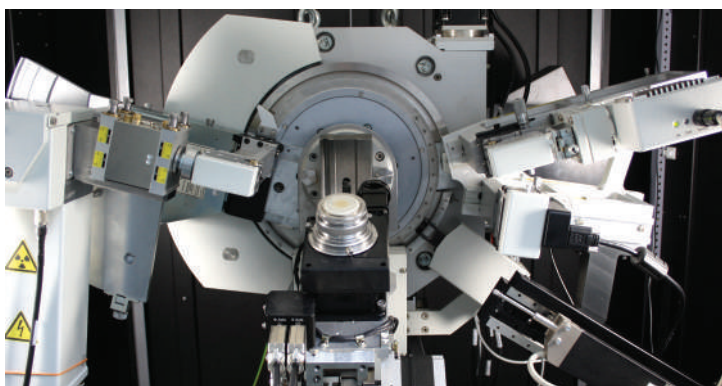
Внесен в Государственный реестр средств измерения России под №40594-14, Украины под №40594-09 Казахстана под №KZ.02.03.06212-2014/ 40594-14 Беларуси под №РБ 03 11 4688 11

| Технические характеристики         |            | ДРОН-8 (8Н)                                                                     | ДРОН-8Т      |
|------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Тип гониометра                     |            | вертикальный $\theta$ – $\theta$                                                |              |
| Рентгенооптическая схема (базовая) |            | Брэгга-Брентано                                                                 |              |
|                                    |            |                                                                                 |              |
| Радиус R, мм                       |            | 180 – 300                                                                       |              |
| Диапазоны углов, град              | $2\theta$  | от -10 до 165                                                                   |              |
|                                    | $\theta_F$ | от -5 до 165                                                                    |              |
|                                    | $\theta_D$ | от -5 до 95                                                                     |              |
| Режимы сканирования                |            | пошаговый/непрерывный                                                           |              |
| Методы сканирования                |            | $\theta$ – $\theta$ , $\theta_F$ , $\theta_D$ , $\Omega$ , $2\theta$ – $\Omega$ |              |
| Минимальный шаг сканирования, град |            | 0,0005                                                                          | 0,0001       |
| Транспортная скорость, град/мин    |            | 2000                                                                            |              |
| Воспроизводимость, град            |            | $\pm 0,001$                                                                     | $\pm 0,0001$ |
| Скорость сканирования, град/мин    |            | 0,1 - 100                                                                       |              |

## Базовая конфигурация включает в себя:

- защитный кабинет с блокировкой дверей
- сцинтилляционный блок детектирования
- контрольный образец для настройки прибора
- двухкружный гониометр
- держатель для порошковых образцов с вращением
- программа управления и сбора данных
- высоковольтный источник питания рентгеновской трубки
- рентгеновская трубка в защитном кожухе с программно-управляемой электромагнитной заслонкой
- инструменты, запасные и сменные части
- коллимационная система с комплектом щелей
- персональный компьютер.
- $\beta$ -фильтр

## Вариант комплектации дифрактометра ДРОН-8Н:



- Трехосная  $\varphi\chi\psi$  приставка.
- Параболическое зеркало.
- Комплект для установки двух детекторов.
- Система быстрой регистрации.
- Экваториальная щель Соллера.

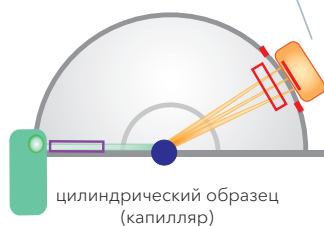
Для реализации следующих методов исследования порошков и монокристаллов диаметром до 100 мм и толщиной до 20 мм:

- Фазовый и структурный анализ.
- Анализ текстур.
- Анализ остаточных напряжений.
- Анализ покрытий в геометрии скользящего пучка.
- Рефлектометрия тонких пленок.
- Определение ориентации и качества монокристаллов.

## Дополнительные рентгенооптические схемы

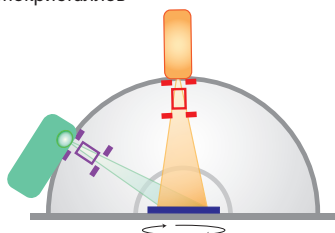
Дебая-Шеррера

позиционно-чувствительный  
детектор

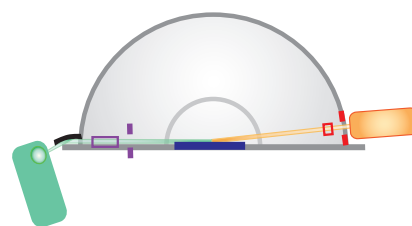


цилиндрический образец  
(капилляр)

Анализ остаточных напряжений и ориентации  
монокристаллов

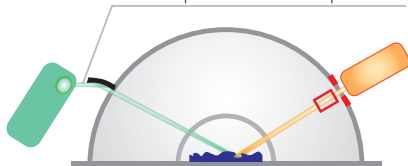


Рефлектометрия

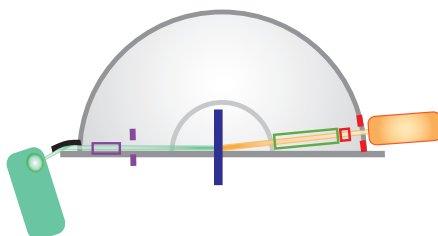


Параллельно-Лучевая

параболическое зеркало



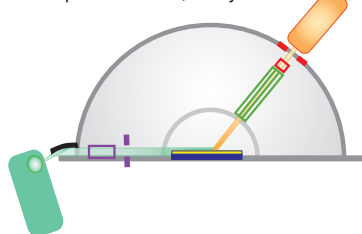
Малоугловое рассеяние



Геометрия высокого разрешения



Геометрия скользящего пучка



## Области применения рентгеновских дифрактометров

### Порошковая дифрактометрия в геометриях Брэгга-Брентано, Дебая-Шеррера, скользящего пучка и параллельно-лучевой

#### Области применения

Горнодобывающая промышленность  
Минералогия  
Строительство  
Машиностроение  
Энергетика  
Химическая промышленность

Нефтегазовая отрасль  
Экспертиза культурных ценностей  
Электроника  
Криминалистика  
Судебная медицина  
Фармакология  
Кристаллография  
Наноиндустрия  
Экология

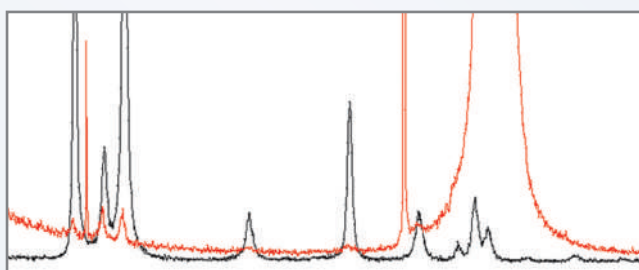
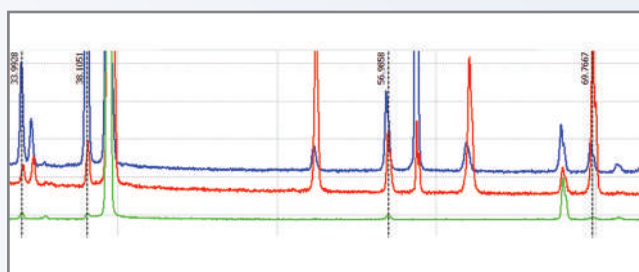
#### Решаемые задачи

- Качественный и количественный фазовый анализ поликристаллических материалов и объектов в том числе покрытий и тонких пленок.
- Определение степени кристалличности, размеров кристаллитов и микродеформаций решетки дисперсных материалов.
- Определение типа и метрики кристаллической решетки, анализ структуры поликристаллов.
- Идентификация материалов по микро зернам.



Объекты исследований

#### Типовые дифракционные картины



### Анализ остаточных напряжений, текстур, определение ориентации монокристаллов

#### Области применения

Металлургия  
Машиностроение  
Электроника  
Технические кристаллы

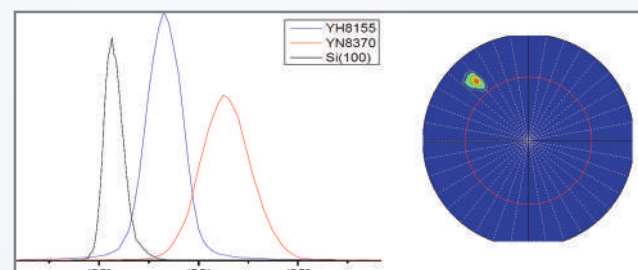
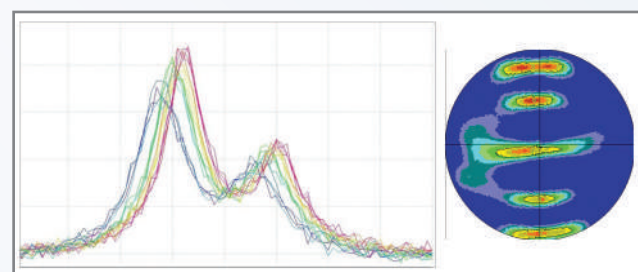
#### Решаемые задачи

- Определение преимущественной ориентации частиц в металлах и других поликристаллических материалах и объектах.
- Определение линейных, плоскостных и объемных остаточных напряжений в сварных швах, деталях и конструкциях.
- Определение ориентации монокристаллов и различных изделий из них.



Объекты исследований

#### Типовые дифракционные картины





## Области применения рентгеновских дифрактометров

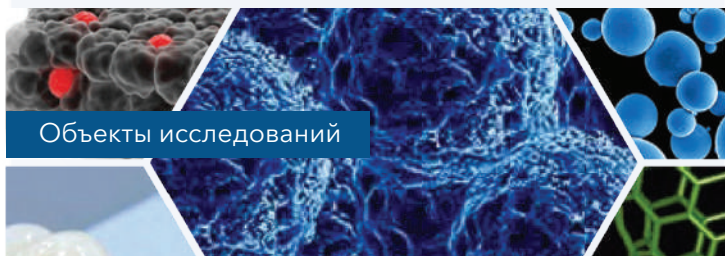
### Исследование структуры нанобъектов при малоугловом рассеянии и рефлектометрии

#### Области применения

|                                                      |                                    |
|------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Катализ                                              | Защита магистральных трубопроводов |
| Коллоидная химия                                     | и кабельная промышленность         |
| Электроника                                          | Упаковочная промышленность         |
| Молекулярная биология                                | (наноккомпозиты и пленки)          |
| Автомобиле- и самолетостроение (пластики и полимеры) |                                    |

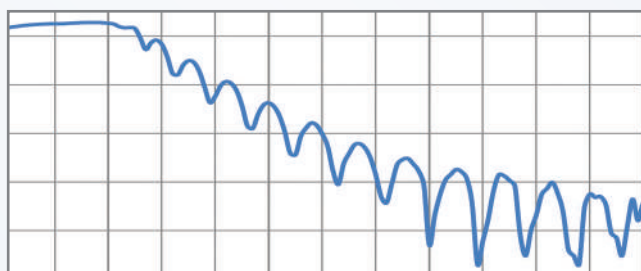
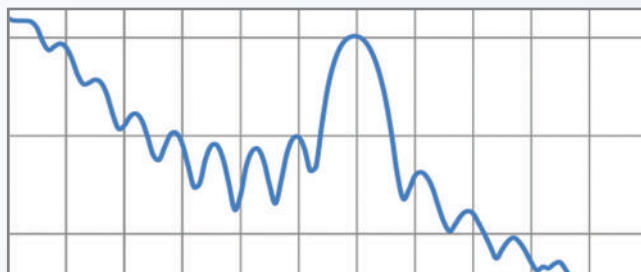
#### Решаемые задачи

- Определение формы, размера, фазового состава, внутренней структуры, ориентации и распределения наноразмерных элементов в поверхностно-активных веществах, эмульсиях (в.т.ч. в биологических средах), волокнах, катализаторах, полимерах, наноккомпозитах, жидких кристаллах и других дисперсных системах.



Объекты исследований

#### Типовые дифракционные картины



### Анализ структуры тонких пленок и монокристаллов в высоком разрешении

#### Области применения

Микро- и Нанoeлектроника

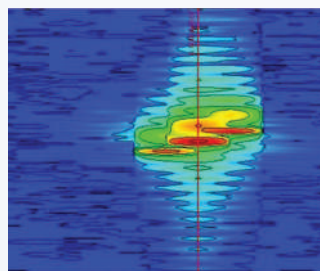
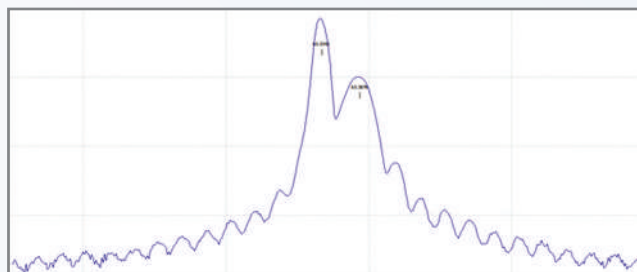
#### Решаемые задачи

- Определение состава, толщины, рассогласования и дефектов слоев в тонких пленках, эпитаксиальных и наногетероструктурах.
- Контроль качества материалов для микро- и нанoeлектроники.



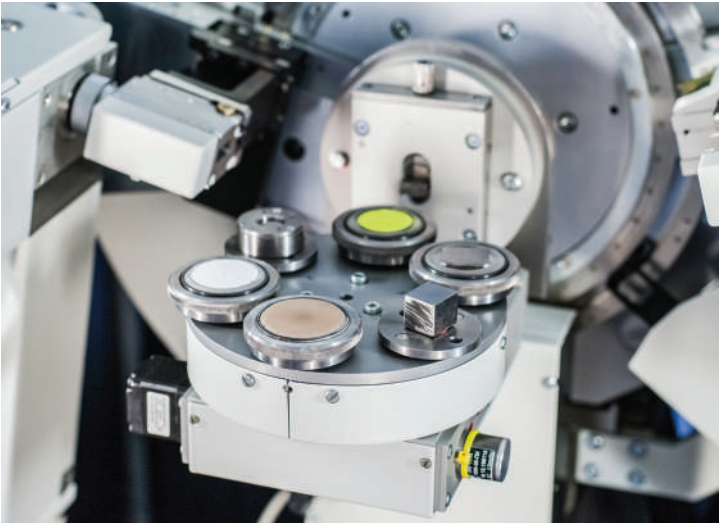
Объекты исследований

#### Типовые дифракционные картины



# Опции для дифрактометров ДРОН-8 (8Н) и ДРОН-8Т

## Многоприводные приставки и держатели образцов



### Автосменщик образцов на 6 позиций

Автосменщик образцов на 6 позиций для потокового измерения порошковых или монокристаллических образцов на дифрактометре.

Автоматическая юстировка плоскости образца перед измерением (по указанию пользователя).

Скорость вращения образца в своей плоскости:  
0,5 или 1 об/сек.

|                                                      |                     |
|------------------------------------------------------|---------------------|
| Максимальный размер образца (Ø x h)                  | 28x25 мм            |
| Автоматическая юстировка плоскости образца, точность | 5 мкм               |
| Методы сканирования                                  | $\theta$ - $\theta$ |



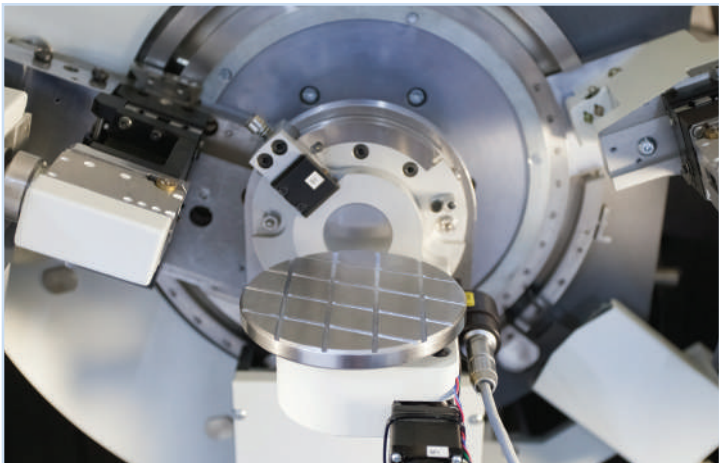
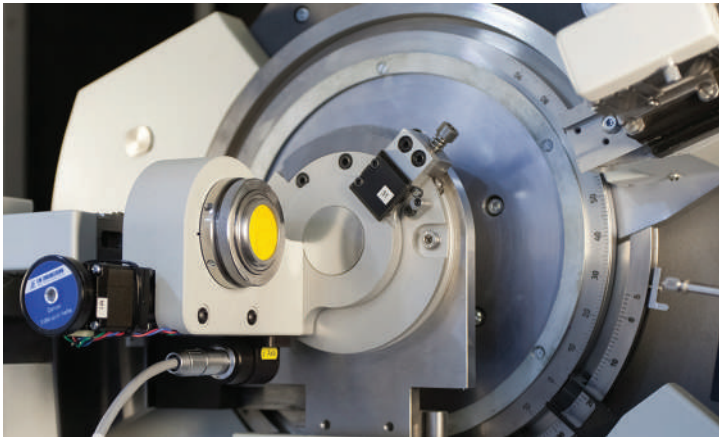
### Универсальная приставка для измерений на отражение/просвет различных типов образцов

Применяется для измерений в геометрии на отражение и на просвет, в том числе для малоугловых исследований и рефлектометрии.

Различные типы образцов:

- Порошки.
- Массивные образцы и тонкие пленки Ø до 100 мм.
- Капилляры (волокна) Ø 1.0, 0.5 и 0.1 мм.
- Тонкие пленки на стеклянной подложке небольшого размера.
- Жидкости и гели.

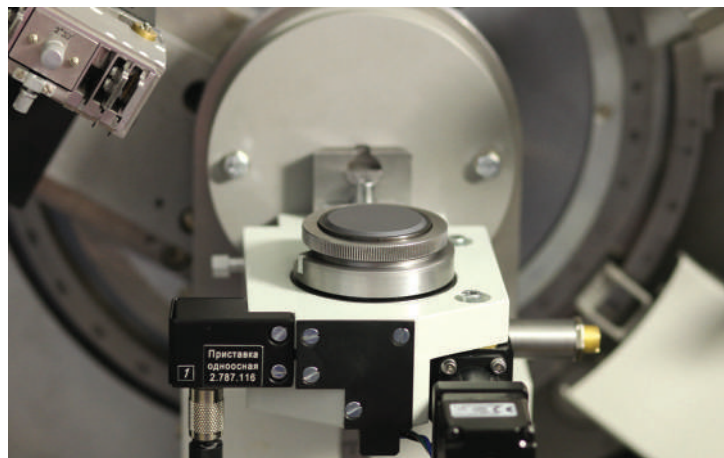
|                     |                                                                                        |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Методы сканирования | $\theta$ - $\theta$ , $\theta_D$ , $\Omega$ , $2\theta$ - $\Omega$ , $\Omega$ - $\phi$ |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|





# Опции для дифрактометров ДРОН-8 (8Н) и ДРОН-8Т

## Многоприводные приставки и держатели образцов



### Одноосная ф-приставка

Используется для определения ориентации монокристаллов, для анализа текстур и остаточных напряжений в режимах  $\Omega$ ,  $\Omega$ - $\phi$ ,  $2\theta$ - $\Omega$ , а также для анализа фазового состава и структурных характеристик объектов различной формы и размера, в том числе порошковых проб.

Позволяет проводить измерения образцов диаметром до 100 мм и высотой до 20 мм. Дискретность  $\phi$ -поворота составляет 0,001 град. Скорость вращения по  $\phi$  - от 0.5 до 30 об/мин.

|                                                      |                                                                           |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Максимальный вес образца                             | 1 кг                                                                      |
| Максимальный размер образца (Ø x h)                  | 100x20 мм                                                                 |
| Автоматическая юстировка плоскости образца, точность | 5 мкм                                                                     |
| Минимальный шаг поворота по оси $\phi$               | 0,001 градус                                                              |
| Методы сканирования                                  | $\theta$ - $\theta$ , $\Omega$ , $\Omega$ - $\phi$ , $2\theta$ - $\Omega$ |

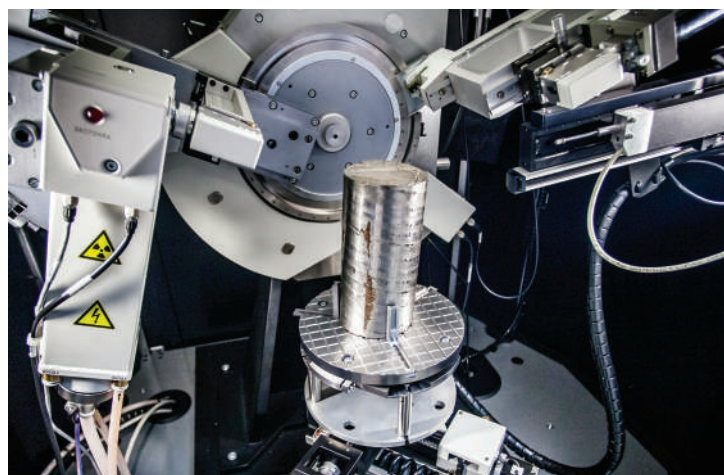


### Приставка ПГТМ

Приставка для анализа текстур и макронапряжений в поликристаллических образцах и для экспрессного определения ориентации небольших монокристаллов диаметром до 28 мм. Обеспечивает два независимых программно-управляемых перемещения образца:

- поворот (вращение) вокруг оси  $\phi$  - от 0 до 360°,
- наклон по оси  $\chi$  - от -3 до +70°.

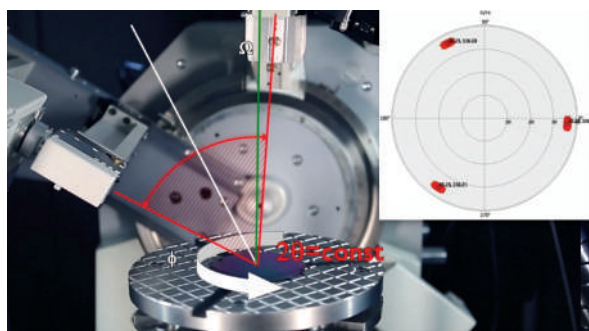
|                                             |                                                                                             |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Максимальный размер образца (Ø x h)         | 28x10, 15x100 мм                                                                            |
| Минимальный шаг поворота по оси $\phi/\chi$ | 0.1 градус                                                                                  |
| Диапазон наклона по оси $\chi$              | от -3 до +70 градус.                                                                        |
| Методы сканирования                         | $\theta$ - $\theta$ , $\Omega$ , $\Omega$ - $\phi$ , $2\theta$ - $\Omega$ , $\chi$ - $\phi$ |



### Четырёхосный хузф держатель больших образцов (ДБО)

Используется для анализа фазового состава и структурных характеристик крупногабаритных объектов различной формы и размера, в том числе при сканировании по поверхности, а также для определения ориентации монокристаллов, анализа текстур и остаточных напряжений в режимах  $\theta$ - $\theta$  ,  $\Omega$ ,  $\Omega$ - $\phi$ ,  $2\theta$ - $\Omega$ .

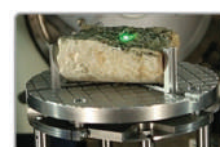
|                                                      |              |
|------------------------------------------------------|--------------|
| Максимальный вес образца                             | 50 кг        |
| Максимальный размер образца (Ø x h)                  | 300x250 мм   |
| Минимальный шаг поворота по оси $\phi$               | 0.001 градус |
| Автоматическая юстировка плоскости образца, точность | 5 мкм        |
| Диапазон ху-перемещения                              | ±100 мм      |



Определение ориентации монокристалла,  $\Omega$ - $\phi$  скан



Турбинная лопатка



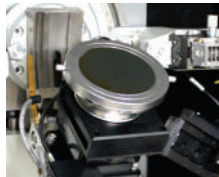
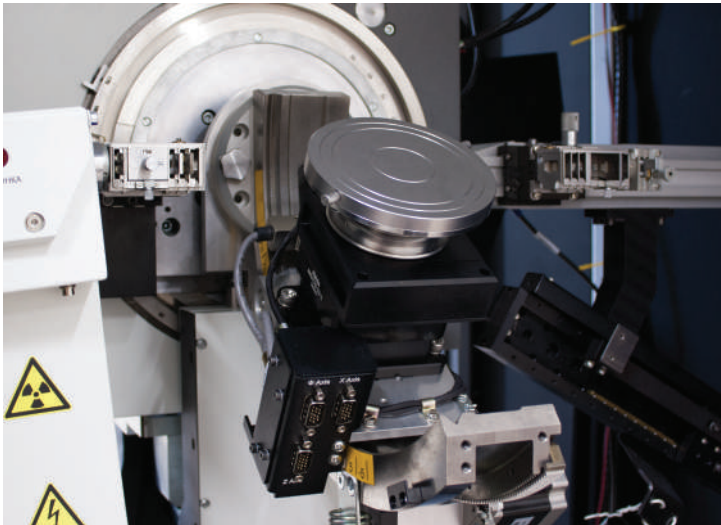
Горная порода



Полупроводниковая пластина

# Опции для дифрактометров ДРОН-8 (8Н) и ДРОН-8Т

## Многоприводные приставки и держатели образцов



### Трехосная фхз приставка

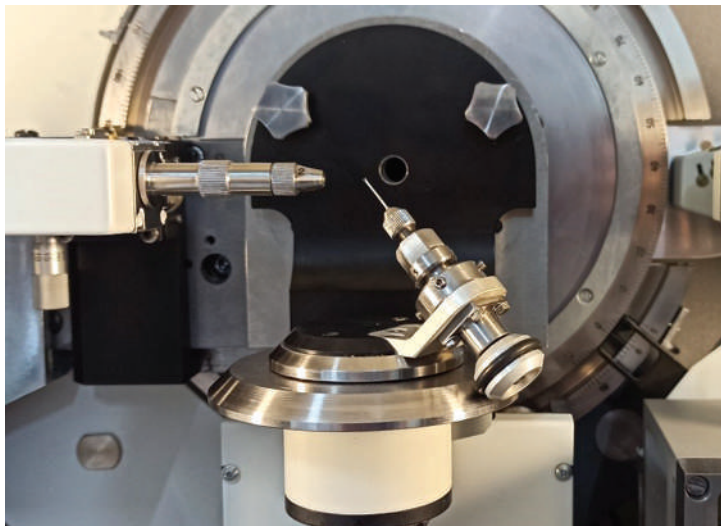
Трехосная фхз приставка предназначена для анализа текстурированного и напряженного состояния поликристаллических материалов, для анализа фазового состава порошков, а также для определения ориентации монокристаллов. Используется для измерения распределения интенсивности отражений hkl по двум угловым координатам и для представления этого распределения в виде полюсных фигур.

Три съемных держателя для различных по форме и размеру образцов диаметром до 100 мм, толщиной до 2 см и весом до 1 кг:

- столик для пластин (с вакуумным захватом);
- шайба для кювет с порошковыми пробами;
- зажим для объектов неправильной формы.

| Ось    | Диапазон       | Минимальный шаг | Скорость перемещения | Режимы перемещения      |
|--------|----------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| $\chi$ | -3 до +75      | не более 0,01   | не менее 2,5 о/сек   | Дискретный              |
| $\phi$ | 360            | не более 0,05   | от 0,5 до 30 о/сек   | Дискретный, непрерывный |
| z      | от -3 до +1 мм | не более 5 мкм  | не менее 0,5 мм/сек  | Дискретный              |

|                     |                                                                                                      |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Методы сканирования | $\Omega$ - $\phi$ - $\theta$ , $\Omega$ , $\Omega$ - $\phi$ , $2\theta$ - $\Omega$ , $\chi$ - $\phi$ |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|



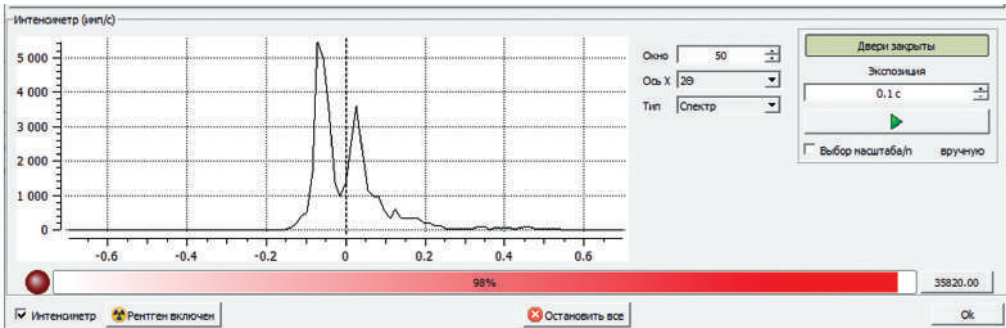
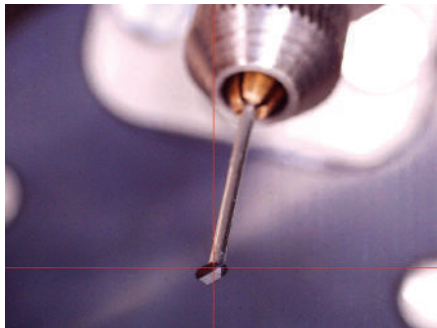
### Приставка Гандольфи

Приставка Гандольфи предназначена для измерений порошковых рентгенограмм от монокристаллических зёрен случайной формы размером не более 1-2 мм.

Приставка представляет собой сменный держатель образца с гониометрической головкой, имеющей две оси вращения – одну моторизованную и одну ведомую, расположенные под углом 45 градусов, и две ручные линейные подвижки во взаимно перпендикулярных направлениях для центрирования образца.

Приставка обеспечивает вращение образца одновременно в двух направлениях под углом 45 градусов с постоянной скоростью по оси  $\phi$  в диапазоне от 10 до 120 об/мин, управляемое из интерфейса программы управления и сбора данных.

Центр вращения образца совмещается с рентгенооптической осью дифрактометра по тени от кристалла на первичном пучке.

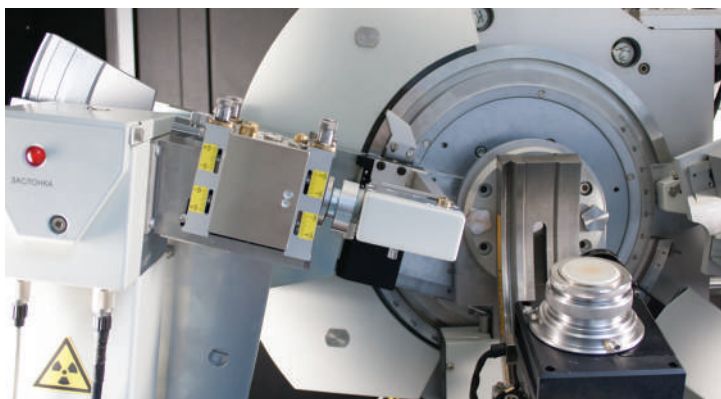


В комплект также входит приспособление для установки приставки Гандольфи на столе оператора, обеспечивающее вращение образца на 360 градусов вокруг оси  $\phi$  и оснащенное системой визуализации для закрепления и центрировки образца.



## Опции для дифрактометров ДРОН-8 (8Н) и ДРОН-8Т

### Рентгенооптические элементы



#### Комплект с параболическим зеркалом

Рентгенооптическая система с одномерным параболическим зеркалом для перехода в параллельно-лучевую геометрию служит для монохроматизации и повышения светосилы первичного пучка. Необходима для исследований объектов с неровной поверхностью.

Применяется для малоугловых исследований, исследований в геометрии скользящего пучка и для рефлектометрии.



#### Монохроматор Бартельса

Четырехкратный прорезной Ge 220 x 4 Монохроматор Бартельса (для ДРОН-8/8Т) на первичном пучке, позволяет получать монохроматическую  $K\alpha_1$  линию с угловым разрешением не более 6 угл.сек. Применяется для перехода в геометрию высокого разрешения.

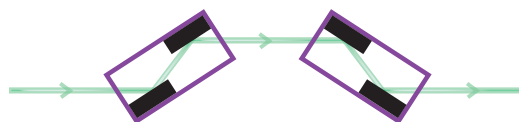
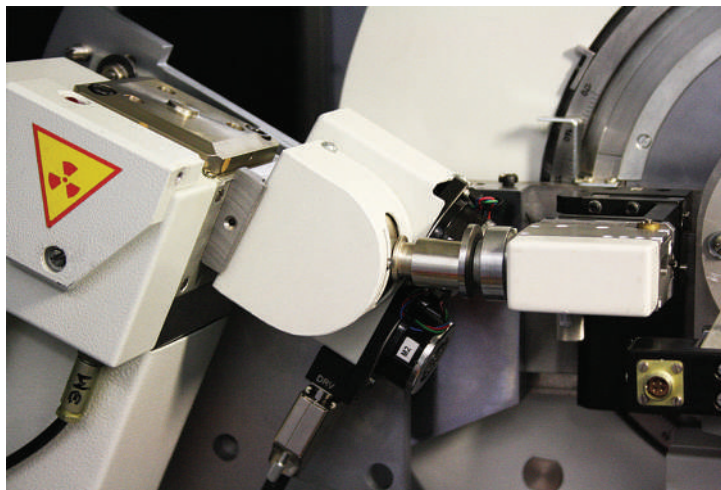


схема хода лучей в монохроматоре Бартельса

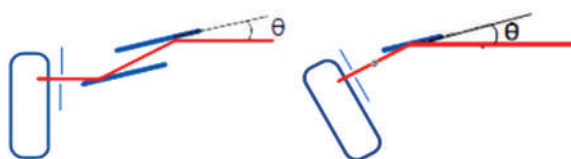
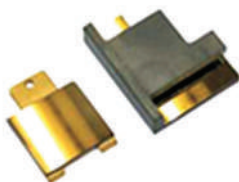
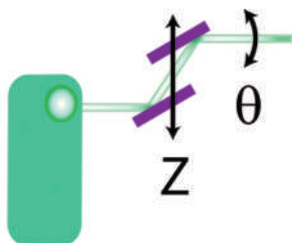


#### Универсальные моторизованные держатели монохроматоров

- Устанавливаются на первичный и/или дифрагированный пучок;
- Имеют две моторизованные подвижки для программно-управляемой настройки;
- Предназначены для монохроматизации любого рентгеновского излучения (от Mo до Cr);
- Позволяют устанавливать плоские или прорезные кристаллы-монохроматоры из любого материала (Ge, Si, SiO<sub>2</sub>, LiF, графит и др.) в любой ориентации (111, 100, 110 и др.);
- Удаляют фон и  $\beta$ -линию;
- Выделяют монохроматическую  $K\alpha_1$  линию с прорезным кристаллом-монохроматором;
- При одновременной установке двух прорезных кристаллов-монохроматоров Ge 220 на первичном и дифрагированном пучке рентгенооптическая система дифрактометра обеспечивает измерения в геометрии высокого разрешения с выделением монохроматической  $K\alpha_1$  линии с интенсивностью более 1,5 млн. имп/с и угловым разрешением не хуже 12 угл. сек.

Программное управление юстировкой

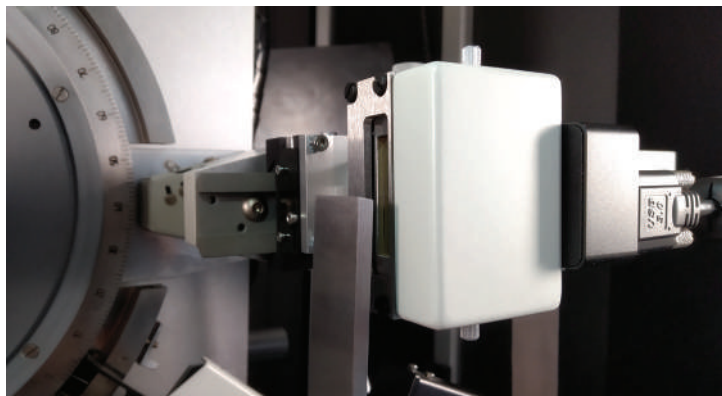
- Юстировка угла поворота монохроматора  $\Theta$ ;
- Юстировка высоты монохроматора Z;
- Выделение  $K\alpha_1$  линии;
- Обеспечение радиационной безопасности





## Опции для дифрактометров ДРОН-8 (8Н) и ДРОН-8Т

### Системы регистрации



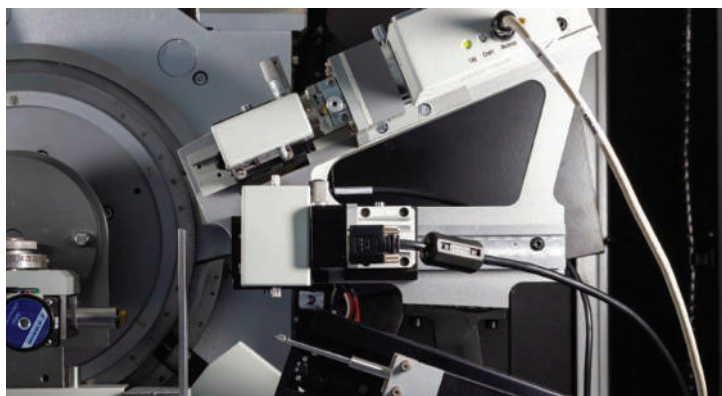
#### Системы быстрой регистрации с линейными позиционно-чувствительными детекторами

Линейные стриповые позиционно-чувствительные с держателем, коллимационной системой на дифрагированном пучке, бета-фильтром и ловушкой первичного пучка для обеспечения измерений на ближних углах (от  $2\theta = 3$  град.).

Обеспечивают быстродействие аппарата в 50-70 раз больше, чем с точечным детектором (несколько минут вместо нескольких часов измерений для получения хорошей статистики данных).

Особенно эффективно использовать для исследований плохо окристаллизованных, быстро разлагающихся объектов или малых количеств вещества.

Незаменимы при *in situ* исследованиях химических реакций и фазовых превращений в сочетании с высоко-и низкотемпературными приставками и при сборе данных для анализа остаточных напряжений.



#### Комплект для установки двух детекторов

Обеспечивает:

- одновременную установку и быстрое переключение между точечным (сцинтилляционным) и линейным позиционно-чувствительным детекторами непосредственно в программном интерфейсе;
- угловой диапазон для линейного позиционно-чувствительного детектора - от  $-10$  до  $+140^\circ$ ;
- угловой диапазон для сцинтилляционного детектора - от  $-10$  до  $+165^\circ$ .

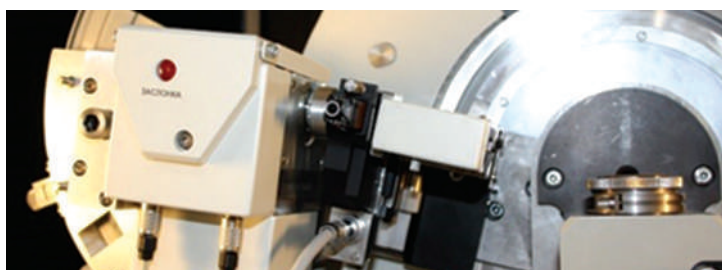
### Моторизация рентгенооптической системы



#### Моторизованный кожух РТ

Моторизация кожуха рентгеновской трубки для ее дистанционной настройки при развороте с линейного фокуса на точечный и обратно, а также при замене трубки.

Имеет две программно-управляемые подвижки - линейное перемещение по вертикали и поворот в плоскости гониометра.



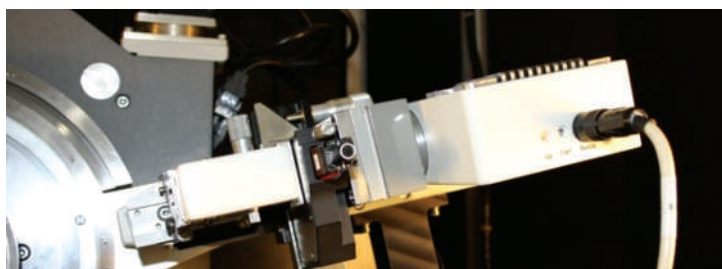
#### Моторизованная экваториальная щель на первичном/дифрагированном пучке

Устанавливается на первичном/дифрагированном пучке. Обеспечивает управление коллимацией рентгеновского пучка при проведении измерений, в том числе в режиме постоянной площади на образце.

Диапазон ширины щели: 0-4 мм.  
Минимальный шаг: 0.01 мм.

В комплект также входят:

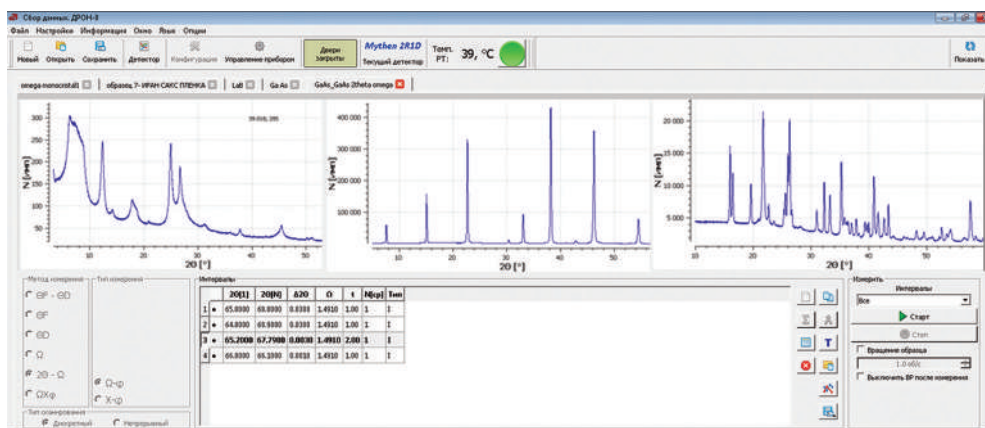
- контроллер,
- плата управления,
- кабели связи,
- программное обеспечение.



## Программное обеспечение для дифрактометров

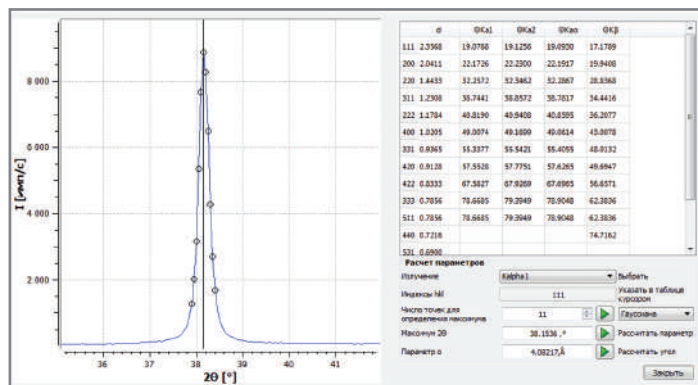
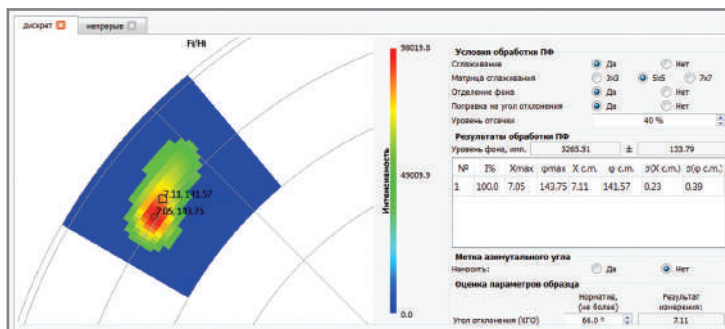
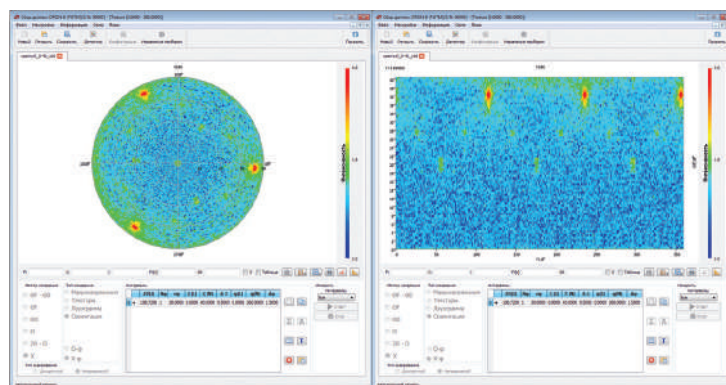
### Программный комплекс для управления и сбора данных Data Collection

- управление и контроль состояния основных узлов и механизмов дифрактометра;
- диагностику и обработку аварийных ситуаций, возникающих при работе дифрактометра и его исполнительных механизмов;
- автоматическое построение кривой амплитудного распределения детектора;
- пошаговое и непрерывное измерение дифракционного спектра в заданном угловом диапазоне с заданной экспозицией (или скоростью сканирования) при  $\theta$ - $\theta$ ,  $\theta$ ,  $\Omega$ ,  $2\theta$ - $\Omega$ ,  $\psi$ -сканировании;
- измерение с многократным сканированием различных угловых интервалов с последующим усреднением или суммированием результатов.



### Специализированный программный комплекс для сбора и обработки данных обеспечивает (при наличии соответствующих приставок):

- быстрый поиск рефлексов методом  $\Omega, \varphi$  и  $\chi, \varphi$ ;
- определение  $(\Omega, \varphi)$ - и  $(\chi, \varphi)$ -координат найденных рефлексов;
- поворот образца вокруг своей оси на заданный угол для нанесения метки;
- выставление приводов гониометра и приставки на определенные  $(\Omega, \varphi)$ - и  $(\chi, \varphi)$ -координаты требуемого рефлекса;
- $\theta$ - $\theta$  сканирование требуемого рефлекса;
- определение угловое  $2\theta$  положение рефлекса по проведенному скану;
- расчет метрики кристаллической решетки кубического кристалла в требуемом направлении по определенному положению максимума.





## Аналитическое программное обеспечение для обработки и анализа данных

### Аналитический программный комплекс «Кристаллография и дифракционный анализ» (КДА)

Включает следующие модули для обработки и анализа порошковых данных:

- операции с измеренными данными и их сравнение;
- обработка дифрактограмм (аппроксимация инструментального и физического фона, поиск пиков, разделение дуплетов, расчет интенсивностей);
- расчет степени кристалличности (содержание аморфной фазы);
- качественный и количественный фазовый анализ по базе COD;
- уточнение параметров элементарной ячейки;
- расчет теоретической дифрактограммы;
- уточнение структуры и количественный анализ полнопрофильным методом Ритвельда;
- расчет размеров кристаллитов и микродеформаций решетки.



### Программное обеспечение для рентгенофазового анализа со встроенной картотекой порошковых стандартов

Программное обеспечение предназначено для качественного и полуколичественного фазового анализа экспериментальных рентгенограмм путем поиска фаз по встроенной картотеке порошковых стандартов и обеспечивает:

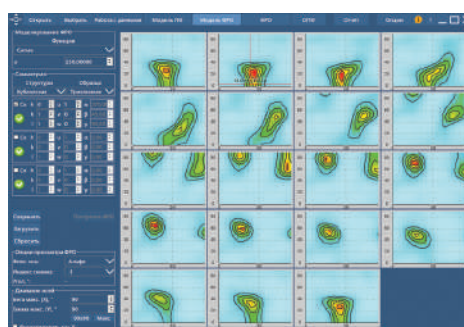
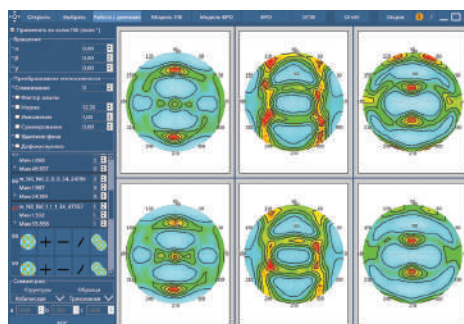
- возможность создания пользовательских подбаз для упрощения поиска;
- возможность добавления собственных стандартов в подбазы;
- проведение качественного фазового анализа по различным критериям и подбазам;
- анализ совпавших линий по положению и интенсивности;
- выбор и фиксирование наилучших решений;
- расчет концентраций компонентов по методу корундовых чисел;
- работа с базой данных, в том числе поиск по выбранным критериям;
- возможность анализа и сравнения результатов нескольких дифрактограмм;
- создание шаблона для анализа однотипных рентгенограмм.



### Программный комплекс «Текстура»

Программный комплекс включает в себя:

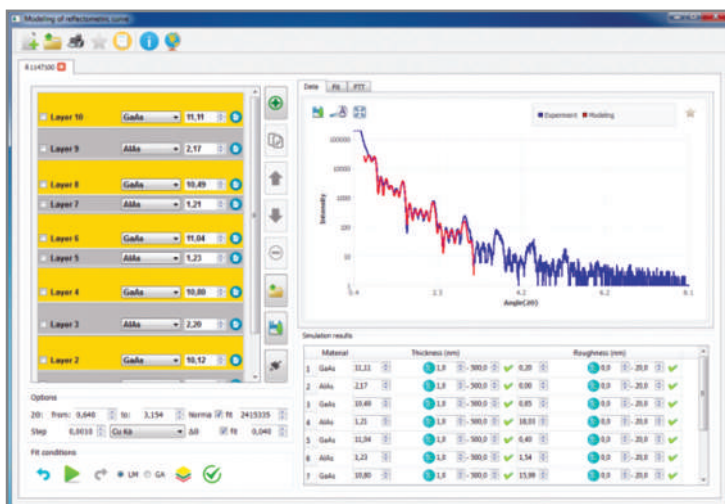
- графическое построение прямых полюсных фигур (ППФ) по массиву экспериментальных данных;
- повороты ППФ по симметрии;
- моделирование ППФ;
- анализ ППФ и идентификация ориентаций;
- расчет функции распределения ориентаций (ФРО);
- моделирование ФРО;
- расчет обратных полюсных фигур (ОПФ);
- расчет текстурного индекса и доли текстурированности.



## Аналитическое программное обеспечение для обработки и анализа данных

### Моделирование рефлектометрических кривых - XRR simulation

- Моделирование экспериментальной рефлектометрической кривой;
- Расчет основных параметров пленки и подложки (толщина, плотность шероховатость);
- Возможность задавать несколько типов слоев с различными параметрами;
- Сравнение экспериментальной и рассчитанной кривой по критерию расхожести.



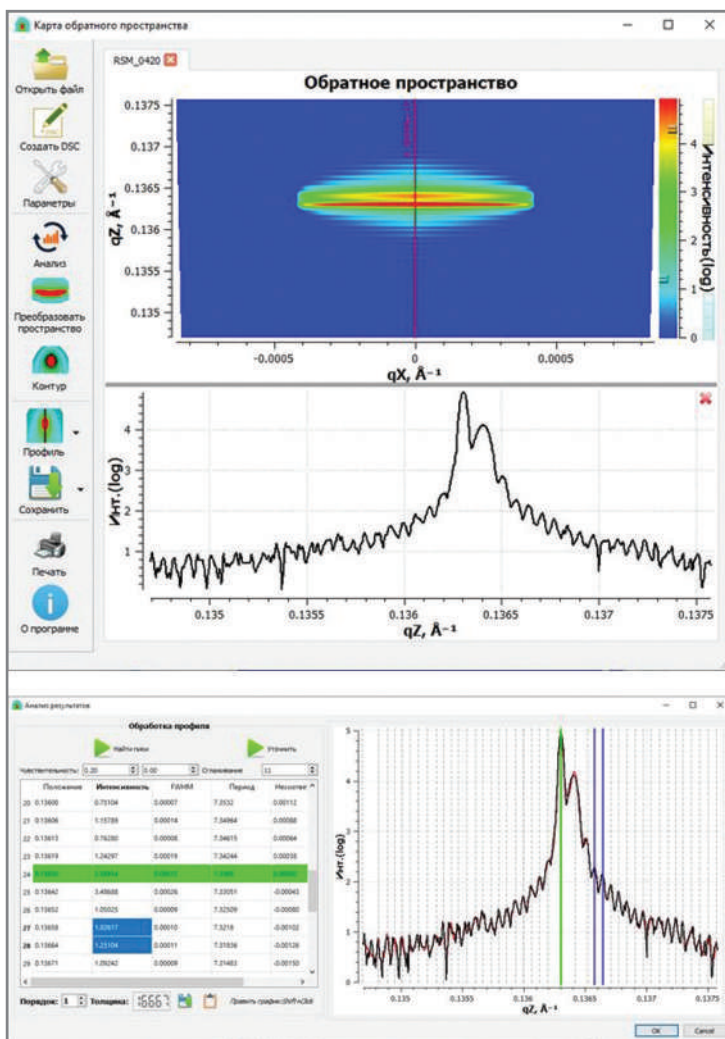
### Карты обратного пространства - RSM

Программа предназначена для построения карт обратного пространства по данным с дифрактометра ДРОН-8/8Т, измеренным методом  $2\theta$ - $\Omega$  в геометрии высокого разрешения, построением профилей в различных направлениях, и их анализа.

Область применения: рентгеноструктурный анализ тонких пленок.

Программа реализует:

- преобразование экспериментальных данных в координатах  $2\theta$ - $\Omega$  в карты обратного пространства в координатах  $q_x$ - $q_z$  и обратно;
- построение профиля карты в заданном пользователем направлении (вертикальном, горизонтальном, произвольном и из точки (000));
- изменение настроек графического представления карты (масштабирование, цветовая шкала, контрастность, предоставление в изолиниях);
- автоматический поиск пиков, определение их положения и интенсивности; сглаживание и аппроксимацию профилей пиков функцией псевдо-Войта;
- расчет параметров структуры исследуемых объектов и анализ ее дефектов по двумерному распределению интенсивности (расчет параметров решетки по положению брэгговских максимумов, расчет несоответствия подложки и слоя, расчет толщины слоя по осцилляциям);
- автоматическую генерацию интервалов  $2\theta$ - $\Omega$  по заданным значениям  $q_x$ - $q_z$  и оценку времени эксперимента;
- сохранение результатов обработки - карту и профиль - в форматах \*.png и \*.txt и выведение их на печать.





# Настольный дифрактометр КОЛИБРИ



- Вертикальный  $\theta$ – $\theta$  гониометр оригинальной конструкции с горизонтальным положением образца
- Конфигурация с линейным позиционно-чувствительным детектором
- Встроенная система охлаждения
- Полностью заводская настройка

## Основные технические характеристики

|                                                         |                                            |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Тип гониометра                                          | Вертикальный $\theta$ – $\theta$           |
| Рентгенооптическая схема                                | Брэгга-Брентано                            |
| Радиус гониометра, мм                                   | 150                                        |
| Угловой диапазон, град                                  | -5 до +160 (базовая)<br>-3 до +155 (с ПЧД) |
| Транспортная скорость, град/мин                         | 1000                                       |
| Режимы сканирования                                     | Дискретный/непрерывный                     |
| Скорость сканирования $2\theta$ , град/мин              | от 0,1 до 100                              |
| Минимальный шаг сканирования $2\theta$ , град           | 0,005                                      |
| Точность определения углового положения максимума, град | 0,02                                       |
| Высоковольтный источник питания, выходная мощность, Вт  | 600                                        |
| Питание аппарата, В/Гц                                  | Однофазное 220/50                          |
| Потребляемая мощность, ВА                               | 2200                                       |
| Вес, кг                                                 | 160                                        |

## Области применения дифрактометра

- Геология, горное дело, горнодобывающая промышленность
- Металлургия и машиностроение
- Производство керамики и стройматериалов
- Химическая и нефтехимическая промышленность
- Экспертиза
- Медицина, фармакология
- Наука, образование
- Экологический мониторинг



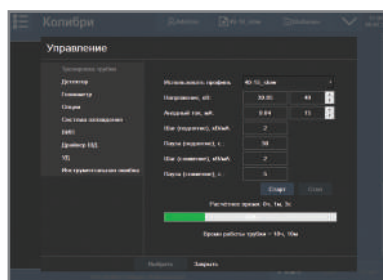
## Программное обеспечение для управления, сбора данных

Разграничение доступа к различным функциям для различных пользователей

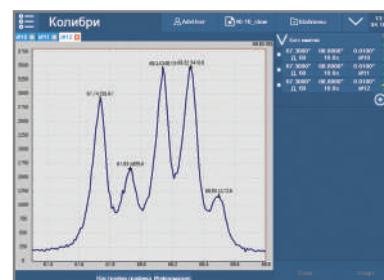
Установка высоковольтного режима и запуск эксперимента в одно касание

Сенсорный экран с поддержкой «touch» жестов

Удаленное подключение и управление экспериментом



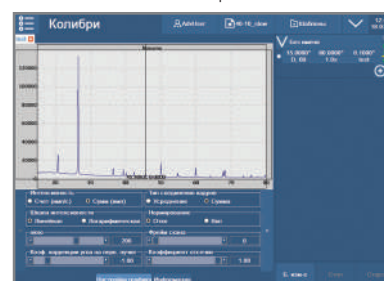
Панель управления



Панель измерения



Панель калибровки



Панель настроек визуализации данных

## Опции для дифрактометра Колибри



### Автосменщик образцов на 6 позиций

Автосменщик образцов на 6 позиций для потокового измерения порошковых проб с вращением в плоскости образца со скоростью 30 или 60 об/мин.

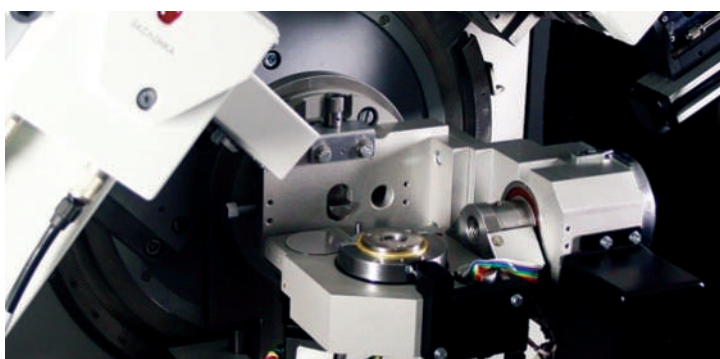


### Универсальный монохроматор на дифрагированном пучке

Устанавливается на дифрагированном пучке перед синтиллиационным детектором. Возможна настройка на два излучения: Cu и Co

В комплект входит кристалл-монохроматор из пиролитического графита (0002)

Обеспечивает монохроматизацию пучка за счет подавления бета-линии и рентгенфлуоресцентного фона.



### Приставка двухосная $\chi$ - $\phi$

Приставка для анализа текстур и макронапряжений в поликристаллических образцах и для экспрессного определения ориентации небольших монокристаллов диаметром до 28 мм.

Обеспечивает два независимых программно-управляемых перемещения образца: поворот (вращение) вокруг оси  $\phi$  - от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ , наклон по оси  $\chi$  - от  $-3^\circ$  до  $70^\circ$ .

Позволяет проводить сбор данных методом наклона  $\chi$ - $\phi$ , а также сочетать сбор данных методом наклона  $\chi$ - $\phi$ , при фиксированном угле дифракции  $2\theta$  с методом  $\omega$ - $\omega$  при фиксированном положении приводов ( $\chi$ ,  $\phi$ ) приставки.



# БРА-135F Универсальный рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный спектрометр



Освобожден от радиационного контроля.

Внесен в Государственный реестр средств измерения России под № 56937-14;  
Казахстана под № KZ.02.03.06074-2014/56937-14

Универсальный рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный спектрометр БРА-135F позволяет одновременно определять химические элементы по характеристическим энергиям в диапазоне от 1 до 30 кэВ, в широком диапазоне концентраций от десятых долей мг/кг. БРА-135F анализирует образцы в твердом, порошкообразном, жидком состояниях, а также нанесенные на поверхность или осажденные на фильтры.

## Принцип действия

Принцип действия спектрометра основан на возбуждении флуоресцентного излучения атомов исследуемого вещества излучением маломощной рентгеновской трубки. Флуоресцентное излучение от образца регистрируется полупроводниковым детектором SDD-типа, где кванты различной энергии преобразуются в электрические импульсы, амплитуда которых пропорциональна энергии поглощенных квантов. Частота следования импульсов определенной амплитуды пропорциональна концентрации химического элемента в пробе.

## Преимущества метода

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) занимает одну из лидирующих позиций среди других методов определения количественного элементного состава веществ. Преимуществами РФА являются: неразрушающий характер измерений, многоэлементность определений, экспрессность, высокая точность анализа, широкий диапазон измеряемых концентраций, разработанность теории количественного анализа, возможность проведения количественного анализа при отсутствии стандартных образцов.

Диапазон определяемых химических элементов – 9F - 92U

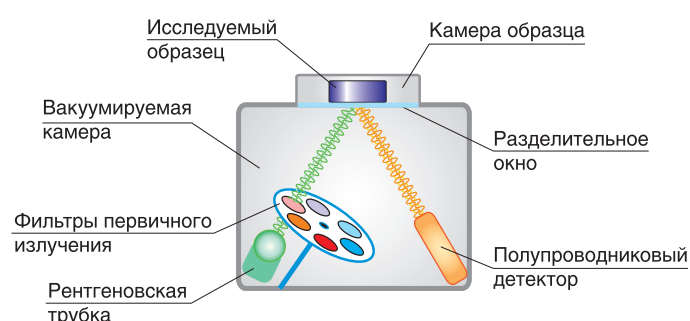
Количественный анализ способом градуировки

Количественный и полуколичественный анализ сталей и сплавов способом фундаментальных параметров

Встроенный управляющий компьютер

Не требуется особая подготовка помещения

Патент № 78576 от 16.06.2008 г. на рентгенопрозрачное разделительное окно



## Высокоэффективный SDD детектор

Кремниевый дрейфовый детектор (SDD) с ультратонким входным окном позволяет регистрировать рентгеновское излучение в широком энергетическом диапазоне при сохранении энергетического разрешения и быстродействия.

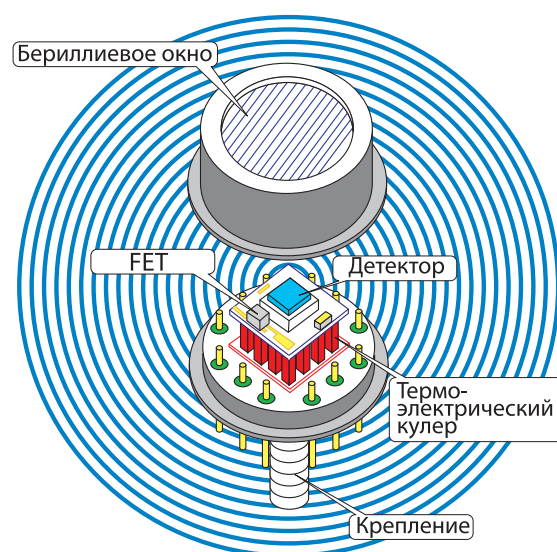


Схема детектора

## Низкий предел обнаружения

Благодаря оптимально подобранным материалам и толщинам фильтров первичного излучения, высокой светосиле рентгенооптической схемы достигается низкий предел обнаружения по всем определяемым элементам. В области лёгких элементов от <sup>9</sup>F до <sup>17</sup>Cl регистрация низкоэнергетического излучения становится возможной благодаря использованию вакуума, в котором пролегает оптический путь излучения.

## Анализ образцов не стандартных размеров

Возможно измерение образцов большого размера или неправильной формы:

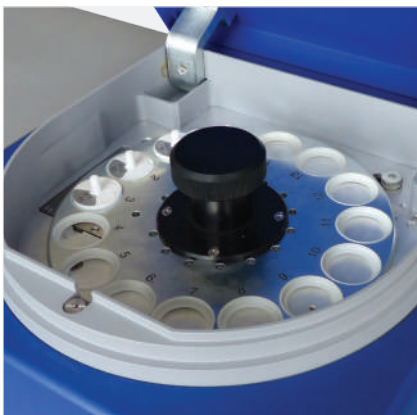
- Крупных минералов, самородков;
- Промышленных изделий для анализа на требования ROHS;
- Входной контроль металлов и сплавов;
- Анализ жидкостей в специальных кюветах или на специальных фильтрах.

## Компактность и функциональность

- Конструкция спектрометра обеспечивает защиту обслуживающего персонала от опасных и вредных производственных факторов;
- Ручки для переноски;
- Интегрированный компьютер под управлением Windows;
- Возможность подключения к LAN для удалённого управления и архивирования результатов измерений;
- Возможность интеграции в систему LIMS;
- Защита от несанкционированного доступа к данным и возможность разделения прав доступа.

## Технические характеристики

|                                                                                                                          |                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Диапазон определяемых элементов                                                                                          | от <sup>9</sup> F до <sup>92</sup> U |
| Пределы определения без предварительного обогащения, %                                                                   |                                      |
| - для элементов от Na до Mg                                                                                              | n*10 <sup>-2</sup>                   |
| - для элементов от Al до Cl                                                                                              | 0,002                                |
| - для элементов от K до U                                                                                                | 0,0005                               |
| Предел определения при предварительном концентрировании пробы в зависимости от химического элемента, %                   | 1.5*10 <sup>-5</sup>                 |
| Предел обнаружения в жидкостях элементов средней группы, г/дм <sup>3</sup>                                               | n*10 <sup>-3</sup>                   |
| Среднее время анализа одного образца, с                                                                                  | 100                                  |
| Энергетическое разрешение на линии MnKa при скорости счета импульсов до 10 <sup>4</sup> сек <sup>-1</sup> , не более, эВ | 145                                  |
| Максимальное напряжение на рентгеновской трубке, кВ                                                                      | 50                                   |
| Мощность рентгеновской трубки, Вт                                                                                        | 10                                   |
| Охлаждение рентгеновской трубки                                                                                          | воздушное                            |
| Фильтры первичного рентгеновского излучения, шт                                                                          | 5                                    |
| Количество образцов, устанавливаемых в диск пробоподачи, до диск пробоподачи №1 (диаметр образцов 32,34 мм)              | 15                                   |
| иск пробоподачи №1 (диаметр образцов 32,34,36,40,44 мм)                                                                  | 11                                   |
| Максимальный размер нестандартного образца, мм                                                                           | Ø 200x60                             |
| Подключение к сети Ethernet                                                                                              | Есть                                 |
| Возможность удаленного управления                                                                                        | Есть                                 |
| Габаритные размеры прибора (ДхШхВ), мм                                                                                   | 700x410x400                          |
| Масса прибора, кг                                                                                                        | 65                                   |
| Питание                                                                                                                  | 220 В, 50 Гц                         |
| Потребляемая мощность, ВА                                                                                                | 500                                  |



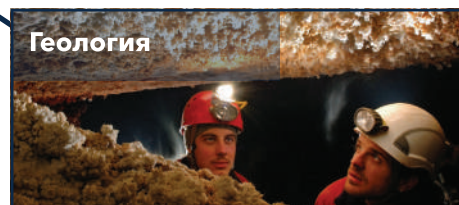
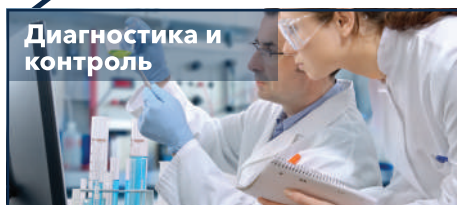
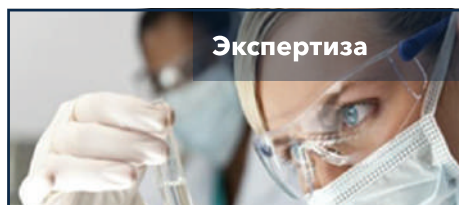
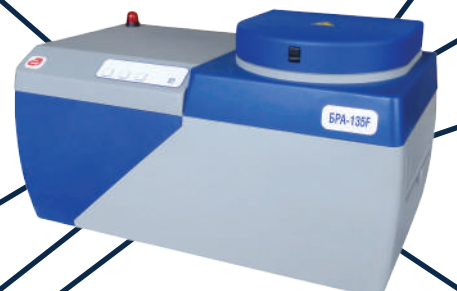
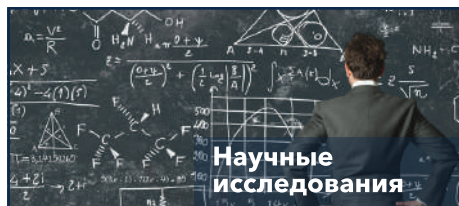
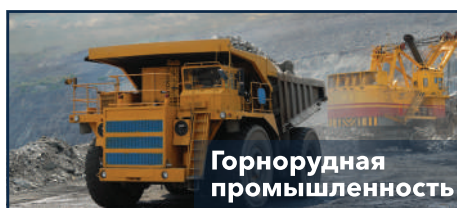
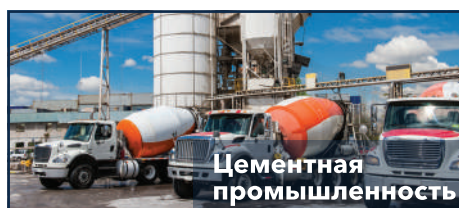
Диск пробоподачи для твердых, жидких и порошкообразных образцов



Образец нестандартного размера



## Области применения



## Описание методик

### Анализ нефтепродуктов

В целях измерения микропримесей Al, Ba, Ca, Cu, Fe, Mn, V, Ni, Pb, Zn, P в нефти и нефтепродуктах, разработана и аттестована методика измерений (свидетельство №460/242-(01.00250-2008)-2013 от 28.11.13 г.).

Аналитический комплекс в составе спектрометра БРА-135F и методики измерений позволяет производить количественный элементный анализ нефтепродуктов с целью определения микропримесей металлов и может быть использован для анализа отработанных моторных масел воздушных судов, машин, специальной автотехники с целью определения степени износа двигателей и определения необходимости проведения их технического обслуживания. Методика приобретается Заказчиком дополнительно.

### Пределы определения БРА-135F согласно аттестованной методике (в ppm):

| P   | Al  | Mn | Ba | Pb | V | Cu | Ni | Fe | Zn | Ca |
|-----|-----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|
| 100 | 100 | 5  | 50 | 5  | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 50 |

### Анализ материалов цементного производства

В целях измерения массовой доли натрия, магния, алюминия, кремния, фосфора, серы, хлора, калия, кальция, титана, хрома, марганца, железа, цинка, рубидия, стронция в цементах и материалах цементного производства (клинкерах, сырьевых смесях) разработана соответствующая методика с относительной погрешностью измерений менее 1%.

Методика анализа содержит алгоритмы определения содержания основных компонентов с использованием рентгенофлуоресцентных энергодисперсионных спектрометров типа БРА и основана на рекомендациях, приведенных в ГОСТ 5382-91, ГОСТ Р 55410-2013 (ИСО 12677:2011).

В методике предусматривается способ подготовки проб к анализу методом сплавления в платиновых тиглях (по ГОСТ Р 55410-2013).





# Рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный анализатор серы в нефтепродуктах АСЭ-2



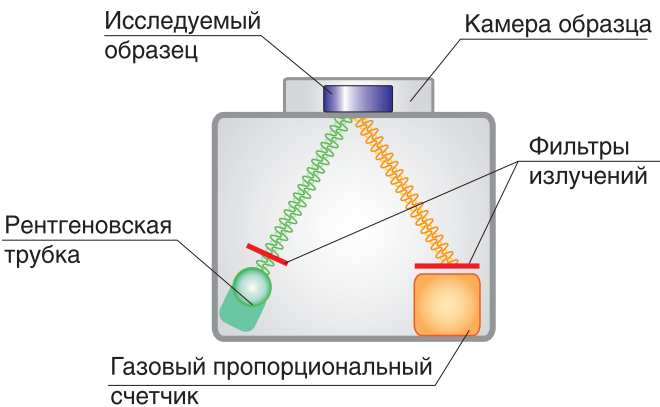
- Нижняя граница определения - 5 мг/кг
- Процедура измерения соответствует ГОСТ Р 51947-2002
- Не требуется подключение гелия
- Анализ топлив на соответствие классам К2, К3, К4
- Предварительный анализ топлив на соответствие классу К5
- Возможность передачи данных на ПК
- Возможность интеграции в систему LIMS

Освобожден от радиационного контроля.

Рекомендован к применению ТК-31 «Нефтяные топлива и смазочные материалы» ОАО «ВНИИ НП» для контроля качества нефти и нефтепродуктов по процедуре ГОСТ Р 51947-2002 и ИСО 20847 по показателю «массовая доля серы».

Энергодисперсионный (EDX) анализатор массовой доли серы в нефтепродуктах в соответствии с: ГОСТ Р 51947-2002; ГОСТ Р ЕН ИСО 20847-2010; ГОСТ ISO 20847-2014 ГОСТ 32139-2019 (ASTM D4294)

Внесен в Государственный реестр средств измерения  
России под №32301-13, ASTM D 6445.  
Украины под №UA-MI/Зр-1393-2014  
Казахстана под №KZ.02.03.05495-2013/32301-13  
Беларуси под №РБ 03 09 4433 10



Анализатор серы энергодисперсионный АСЭ-2 предназначен для измерения массовой доли серы в неэтилированном бензине, дизельном топливе, сырой нефти, керосине, нефтяных остатках, основах смазочных масел, гидравлических маслах, реактивных топливах и других дистиллятных нефтепродуктах. Рентгеновское излучение маломощной рентгеновской трубки, преобразованное фильтром первичного излучения, возбуждает флуоресцентное излучение атомов анализируемой пробы. Потoki (рассеянное на образце первичное рентгеновское излучение и вторичное флуоресцентное) излучения попадают на газовый пропорциональный счетчик, при этом флуоресцентное излучение атомов серы ( $SK_{\alpha}$ ) при помощи селективных фильтров отделяется от излучения с другими энергиями. Интенсивность флуоресцентного излучения атомов серы, зарегистрированного газовым пропорциональным счетчиком, пропорциональна массовой доле серы в анализируемом образце.

## Технические характеристики

|                                                                             |                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Метод определения массовой доли серы                                        | Рентгенофлуоресцентный энегодисперсионный (EDX) с селективными фильтрами |
| Статистический предел обнаружения, не более, мг/кг                          | 3                                                                        |
| Диапазон определяемых концентраций серы, мг/кг                              | от 5 до 50000                                                            |
| Пределы основной относительной погрешности, %                               | ±0,5                                                                     |
| Потребляемая мощность, не более, ВА (от сети переменного тока 230 В, 50 Гц) | 100                                                                      |
| Масса прибора, не более, кг                                                 | 15                                                                       |
| Габариты (ДхШхВ), мм                                                        | 430x350x200                                                              |

# Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный анализатор серы в нефтепродуктах АСВ-2

Диапазон определяемых концентраций серы - от 3 мг/кг до 50 000 мг/кг

Наличие вакуумируемой измерительной камеры, отсутствие необходимости продувки гелием

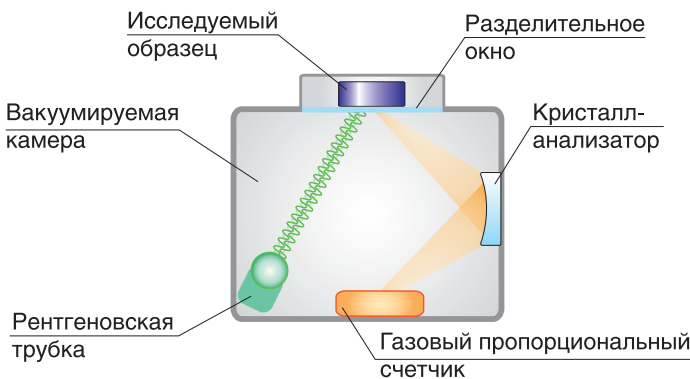
Полное соответствие ГОСТ Р 52660-2006 и ГОСТ ISO 20884-2016

В базовой комплектации доступна опция гелиевого контура

Реализует арбитражный метод для топлив класса К3, К4, К5

Возможность интеграции в систему LIMS

Сенсорный дисплей



Освобожден от радиационного контроля.

Волнодисперсионный (WDX) анализатор массовой доли серы в нефтепродуктах в соответствии с: ГОСТ Р 52660-2006 (EN ISO 20884), ГОСТ ISO 20884-2016, ASTM D 6334, ГОСТ 53203-2008 (ASTM D 2622)

Внесен в Государственный реестр средств измерения России под №60995-15

Анализатор серы волнодисперсионный АСВ-2 предназначен для измерения массовой доли серы в бензине (неэтилированном), дизельном топливе, нефти, керосине, нефтяных остатках, основах смазочных масел, гидравлических маслах, реактивных топливах, сырой нефти и других дистиллятных нефтепродуктах. Анализатор АСВ-2 позволяет выполнять функции по определению серы как в режиме вакуумирования измерительной камеры, так и в режиме продувки гелием. Для этого аппарат оснащается комплектом принадлежностей для подключения анализатора к гелиевому посту.

## Технические характеристики

| Метод определения массовой доли серы                              | Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный (WDX) вакуумированным каналом |  |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--|
| Статистический предел обнаружения, не более, мг/кг                | 1,5                                                                     |  |
| Диапазон определяемых концентраций серы, мг/кг                    | от 3 до 50000                                                           |  |
| Пределы основной относительной погрешности, %                     | ±0,5                                                                    |  |
| Потребляемая мощность, ВА (от сети переменного тока 220 В, 50 Гц) | 250                                                                     |  |
| Масса прибора, кг                                                 | 45                                                                      |  |
| Габариты (ДхШхВ), мм                                              |                                                                         |  |
| - блок аналитический                                              | 450х415х530                                                             |  |
| - система вакуумная                                               | 320х320х150                                                             |  |



# Рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный анализатор серы в нефтепродуктах АСЭ-3



Освобожден от радиационного контроля.

Энергодисперсионный (EDX) анализатор массовой доли серы в нефтепродуктах в соответствии с:  
ГОСТ Р 51947-2002, ГОСТ Р ЕН ИСО 20847-2010,  
ГОСТ ISO 20847-2014, ГОСТ 32139-2019 (ASTM 4294), ASTM D 6445.

Внесен в Государственный реестр средств измерения России под №85938-22

Диапазон измеряемых концентраций серы  
- от 5 мг/кг до 5 %

Процедура измерения соответствует ГОСТ Р 51947-2002

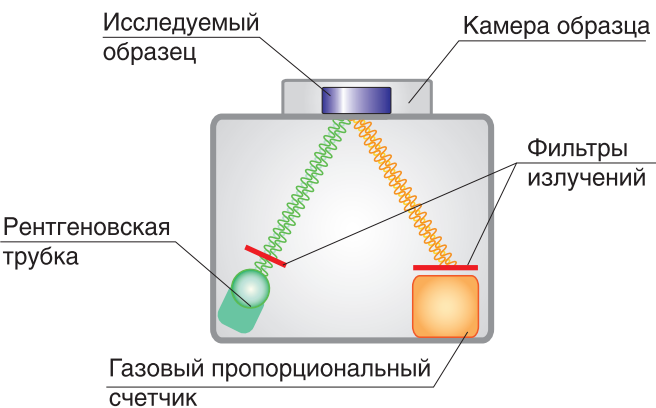
Доступны 2 режима эксплуатации: воздух или гелиевый контур

Возможность передачи данных на ПК

Возможность интеграции в систему LIMS

Диск пробоподачи на 4 образца

Сенсорный дисплей



Анализатор серы энергодисперсионный АСЭ-3 предназначен для измерения массовой доли серы в неэтилированном бензине, дизельном топливе, сырой нефти, керосине, нефтяных остатках, основах смазочных масел, гидравлических маслах, реактивных топливах и других дистиллятных нефтепродуктах.

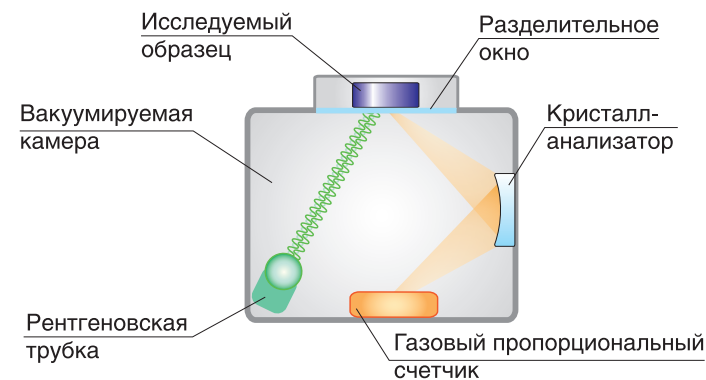
Рентгеновское излучение маломощной рентгеновской трубки, преобразованное фильтром первичного излучения, возбуждает флуоресцентное излучение атомов анализируемой пробы. Потоки (рассеянное на образце первичное рентгеновское излучение и вторичное флуоресцентное) излучения попадают на газовый пропорциональный счетчик, при этом флуоресцентное излучение атомов серы ( $SK_{\alpha}$ ) при помощи селективных фильтров отделяется от излучения с другими энергиями. Интенсивность флуоресцентного излучения атомов серы, зарегистрированного газовым пропорциональным счетчиком, пропорциональна массовой доле серы в анализируемом образце.

## Технические характеристики

| Метод определения массовой доли серы                                 | Рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный (EDX) с селективными фильтрами |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Статистический предел обнаружения, не более, мг/кг                   | 3                                                                         |
| Диапазон определяемых концентраций серы, мг/кг                       | от 5 до 50000                                                             |
| Количество образцов, устанавливаемых в диск пробоподачи, до          | 3                                                                         |
| Потребляемая мощность, ВА<br>(от сети переменного тока 220 В, 50 Гц) | 60                                                                        |
| Масса прибора, кг                                                    | 12                                                                        |
| Габариты (ДхШхВ), мм                                                 | 483х423х209                                                               |

# Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный анализатор серы в нефтепродуктах АСВ-3

- Диапазон измеряемых концентраций серы
  - от 2 мг/кг до 5 %
- Доступны 2 режима эксплуатации: вакуум или гелиевый контур
- Возможность передачи данных на ПК
- Возможность интеграции в систему LIMS
- Диск пробоподачи на 9 образцов
- Сенсорный дисплей



Освобожден от радиационного контроля.

Волнодисперсионный (WDX) анализатор массовой доли серы в нефтепродуктах в соответствии с: ГОСТ ISO 20884-2016, ГОСТ Р 52660-2006, ГОСТ Р 53203-2008

Анализатор серы волнодисперсионный АСВ-3 предназначен для измерения массовой доли серы в бензине (неэтилированном), дизельном топливе, нефти, керосине, нефтяных остатках, основах смазочных масел, гидравлических маслах, реактивных топливах, сырой нефти и других дистиллятных нефтепродуктах. Анализатор АСВ-3 позволяет выполнять функции по определению серы как в режиме вакуумирования измерительной камеры, так и в режиме продувки гелием. Для этого аппарат оснащается комплектом принадлежностей для подключения анализатора к гелиевому посту.

## Технические характеристики

|                                                                   |                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Метод определения массовой доли серы                              | Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный (WDX) вакуумированным каналом |
| Статистический предел обнаружения, не более, мг/кг                | 0,7                                                                     |
| Диапазон определяемых концентраций серы, мг/кг                    | от 2 до 50000                                                           |
| Количество образцов, устанавливаемых в диск пробоподачи, до       | 9                                                                       |
| Потребляемая мощность, ВА (от сети переменного тока 220 В, 50 Гц) | 500                                                                     |
| Масса прибора, кг                                                 | 40                                                                      |
| Габариты (ДхШхВ), мм                                              |                                                                         |
| - блок аналитический                                              | 570х470х380                                                             |
| - система вакуумная                                               | 320х320х150                                                             |



## Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный анализатор пульп, суспензий и растворов AP-35



Анализатор AP-35 предназначен для непрерывного рентгенофлуоресцентного анализа химического состава пульп, суспензий, растворов в потоке и определения массовой доли химических элементов от серы S до урана U. Прибор имеет до 15 проточных кювет для продуктов, передвижную программно-управляемую измерительную головку с рентгеновской трубкой и фиксированными спектрометрическими каналами и/или приставкой с полупроводниковым детектором.

Принцип действия основан на возбуждении флуоресценции атомов исследуемого вещества излучением рентгеновской трубки. Интенсивность зарегистрированного флуоресцентного излучения с определенной длиной волны, отобранное кристаллом-анализатором и зарегистрированное блоком детектирования, прямо пропорциональна массовой доле химического элемента в исследуемом веществе.

Анализатор AP-35 состоит из стойки спектрометрической для анализа пульпы в потоке, стойки автоматизированного управления, автономной системы охлаждения, управляющего компьютера.

AP-35 входит в автоматизированную систему аналитического контроля (АСАК) технологических процессов, которая представляет собой комплекс технических средств с централизованным управлением и предназначена для автоматического отбора частных пульповых проб, транспортирования к месту анализа, протечки пробы через рентгеноспектральный анализатор и определения вещественного состава пробы, представительное деление пробы для химического анализа. Поставка системы АСАК может выполняться «под ключ» с системой пробоотбора, прободоставки и пробоподготовки.

### Технические характеристики

|                                                         |                                                                                |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Число одновременно определяемых химических элементов    | до 7 + содержание твёрдой фазы в пульпе, до 15 при использовании ППД-приставки |
| Число проточных измерительных кювет в одном анализаторе | 6, 10 или 15                                                                   |
| Число реперных образцов                                 | 2 шт.                                                                          |
| Объемная скорость потока                                | 15 л/мин                                                                       |
| Экспозиция измерения 1го продукта, не более             | от 40 сек                                                                      |
| Основная относительная погрешность, не более            | 0,3%                                                                           |
| Предел определения (в пульпе)                           | 0,01% масс.                                                                    |
| Пределы обнаружения массовой доли химических элементов: |                                                                                |
| - в растворах                                           | от 0,0001%                                                                     |
| - в твердой фазе пульп и суспензий                      | от 0,001 %                                                                     |
| Среднее время анализа 1 потока, с                       | 20 - 100                                                                       |
| Общая потребляемая мощность, не более, кВА              | 5                                                                              |
| Срок службы                                             | 10 лет                                                                         |

## Отличительные особенности

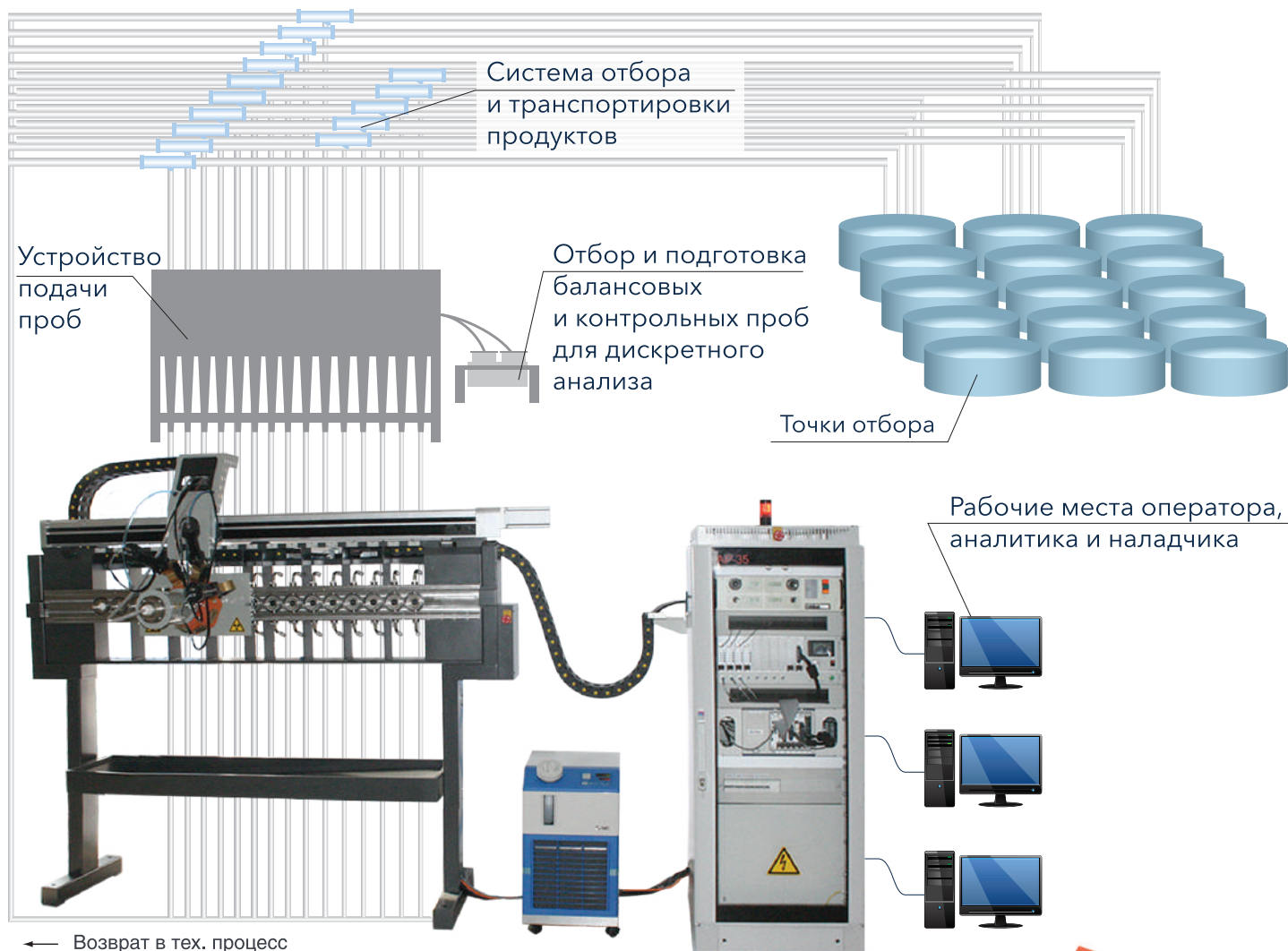
- Многоканальность - до 15 анализируемых продуктов.
- Высокая экспрессность, воспроизводимость и точность анализа.
- Низкий предел обнаружения по определяемым химическим элементам.
- Является утвержденным типом средства измерения.
- Может быть освобожден от радиационного контроля.
- Высокая надёжность и простота в обслуживании анализатора, низкие эксплуатационные затраты.
- Система управления анализатором собственной разработки с применением доступной элементной базы.
- Основные комплектующие российского происхождения.
- Совместимость с системами автоматизации пробоотбора, прободоставки и системой управления на предприятии.
- Разработанный программный комплекс автоматизированных рабочих мест («Оператор», «Наладчик», «Аналитик») выполняет необходимые функции по обработке и представлению результатов анализа, организации хранения архива данных, отслеживанию состояния системы.

## Области применения

- Системы АСАК и АСУ-ТП флотационных фабрик горно-обогатительных комбинатов полиметаллических руд цветных металлов (Fe-Cu-Zn-Pb, Fe-Ni-Co, Cu-Mo, Fe-Cu-Zn-Mo) со сложными разветвленными схемами флотации.
- Гидрометаллургические переделы извлечения и рафинирования цветных, редких и рассеянных элементов.

## Функциональная схема аналитического контроля на базе комплекса АР-35

Автоматизированные рабочие места построены на современных программно-аппаратных средствах. Программное обеспечение реализует два основных способа количественного анализа: по регрессионным уравнениям связи и способом стандарт-рассеянное излучение.



# Специализированный рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный анализатор АРФ-7



Конструкция прибора обеспечивает полную защиту обслуживающего персонала от рентгеновского излучения.

Внесен в государственный реестр средств измерений под № 42902-09.

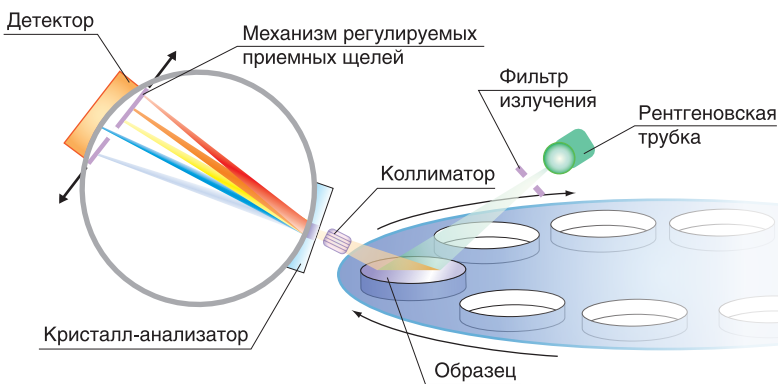
Специализированный волнодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор, построенный по схеме Кошуа, предна-значен для проведения высокоточного количественного определения U, Th, Mo, Au, W, Tl, As, Pb, а также других элементов в рудах, горных породах и при разработках техногенных месторождений.

## Технические характеристики

|                                                              |                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Диапазон определяемых элементов                              | $^{27}\text{Co}$ - $^{92}\text{U}$<br>$^{27}\text{Co}$ - $^{58}\text{Ce}$ по K-серии излучения,<br>$^{73}\text{Ta}$ - $^{92}\text{U}$ по L-серии излучения. |
| Спектральное разрешение (полуширина линии U La1), менее , эВ | 40                                                                                                                                                          |
| Диапазон определяемых концентраций, %                        | от $10^{-4}$ до 100                                                                                                                                         |
| Пределы основной относительной погрешности, %                | 0.5                                                                                                                                                         |
| Предел обнаружения $^{92}\text{U}$ за 100 сек, не более, г/т | 1.5                                                                                                                                                         |
| Количество одновременно загружаемых образцов, шт             | 30                                                                                                                                                          |
| Потребляемая мощность, кВт                                   | 4.6                                                                                                                                                         |
| Масса, не более, кг                                          | 400                                                                                                                                                         |
| Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм                           | 1300 x 1150 x 850                                                                                                                                           |

Высокое спектральное разрешение в области малых длин волн рентгеновского излучения (до 40эВ)

Нижняя граница количественного определения от 1,5 г/т





Принцип действия анализатора основан на возбуждении флуоресцентного излучения атомов пробы исследуемого вещества излучением рентгеновской трубки. Флуоресцентное излучение разлагается в спектр способом Кошуа. Сфокусированное кристаллом-анализатором флуоресцентное излучение определяемого элемента и линия стандарта выделяются на фокальном круге Роуланда. Далее они по очереди регистрируются детектором рентгеновского излучения. Интенсивность зарегистрированного флуоресцентного излучения определенной длины волны прямо пропорциональна массовой доле химического элемента в исследуемом веществе.

## Области применения

Геология и горнодобывающая промышленность:

- определение состава горных пород и руд;
- определение состава концентратов.

Охрана окружающей среды:

- определение Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Ba, Pb в почвах, донных отложениях и горных породах при содержании от  $n \cdot 10^{-4}\%$ .

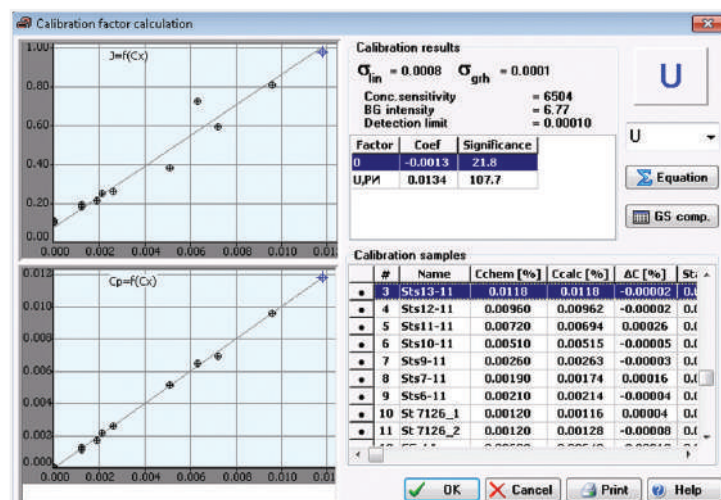
Определение урана и нового перспективного ядерного топлива тория в горных породах, рудах и технологических продуктах в широком диапазоне концентраций от  $10^{-4}\%$  и выше.

Определение урана в горных породах, рудах и продуктах их переработки рентгенофлуоресцентным методом осуществляется согласно методике измерения № 420-РС, разработанной ВИМС.

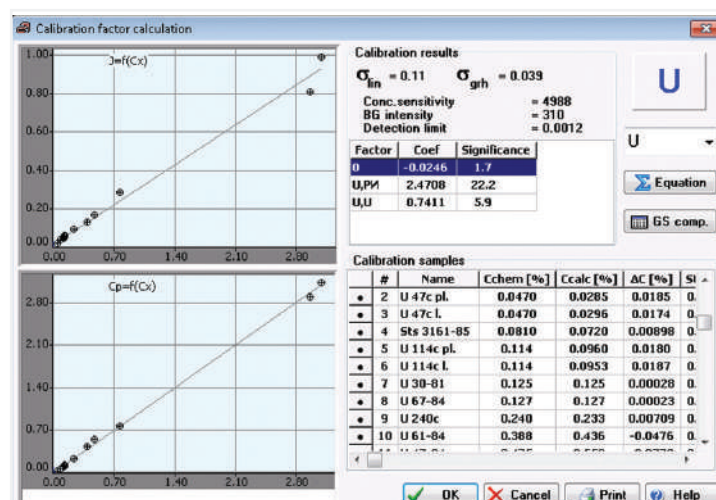
## Отличительные особенности

- Возможность определения групп элементов без перенастройки кристалла-анализатора.
- Исключительно высокое разрешение рентгено-оптической схемы по Кошуа с кристаллом-анализатором кварц 1011.
- Развитое математическое обеспечение.

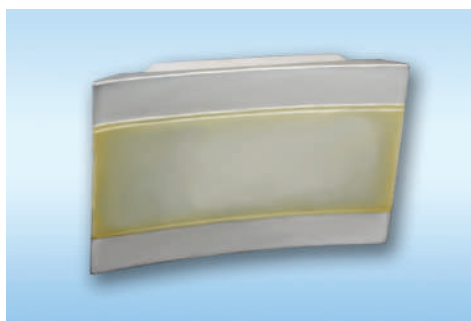
## Программный интерфейс



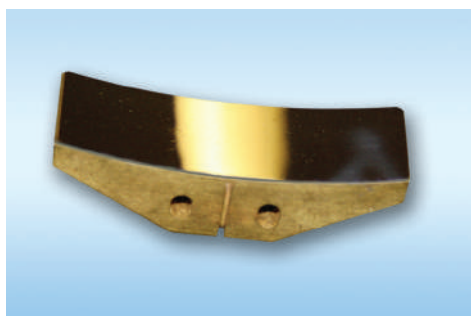
Градуировочная зависимость для низких концентраций урана в геологических пробах.



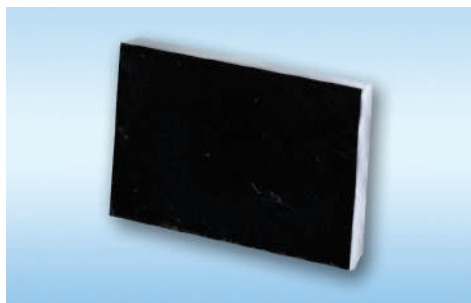
Градуировочная зависимость для высоких содержаний урана в геологических пробах.



Монохроматор по Иогансону  
асимметричный.  
 $R188$ , угол скоса  $10^{\circ}59'$ ,  
 $\text{LiF}(220)$ ,  $2d=0.284$  нм



Анализатор цилиндрический по Иоганну.  
 $\text{InSb}(111)$ ,  $2d=0.748$  нм



Монохроматор плоский.  
Графит (0002),  $2d=0.668$  нм



Монохроматор тороидальный.  
 $R1=150$ ,  $R2=75$ ,  
 $\text{LiF}(200)$ ,  $2d=0.403$  нм

## Кристалл-дифракционные диспергирующие элементы (КДЭ)

Кристалл-дифракционные диспергирующие элементы (КДЭ) предназначены для дисперсии рентгеновского излучения в аппаратуре спектрального (кристаллы - анализаторы) и структурного (кристаллы - монохроматоры) анализа.

НПП «Буревестник» изготавливает оптимизированные по дифракционным параметрам КДЭ для серийных приборов, выпускающихся отечественными и ведущими мировыми производителями, а также по заказам научных центров.

## Отличительные особенности

### Материалы и отражающие плоскости КДЭ

- фтористый литий (200), (220), (420)
- германий (111), (220), (422)
- кремний (111), (220), (422)
- кварц (1011), (1010), (1340)
- графит (0002)
- пентаэритрит PET(002)
- бифталат калия KAP(001)
- бифталат рубидия RbAP(001)
- многослойные покрытия разных типов
- другие материалы и отражающие плоскости по требованию заказчика

Различная ориентация отражающей плоскости:

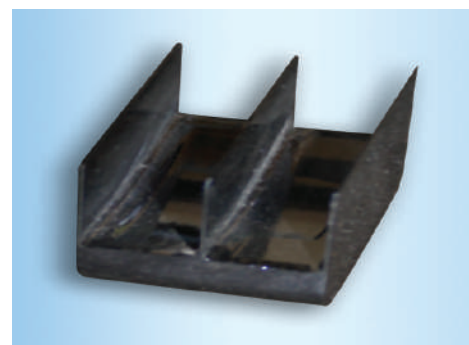
- параллельно рабочей поверхности (дифракция на отражение)
- перпендикулярно рабочей поверхности (дифракция на прохождение)
- под произвольным углом к рабочей поверхности

### КДЭ сложной формы:

- с одинарным изгибом (цилиндрические, конические)
- с двойным изгибом (сферические, тороидальные)
- со сложным контуром (треугольным, эллиптическим и т.д.)
- с вышлифовкой по Иоганссону
- с изгибом по логарифмической спирали
- с пазами для многократного отражения и интерференции

## Монокристалльные держатели образцов

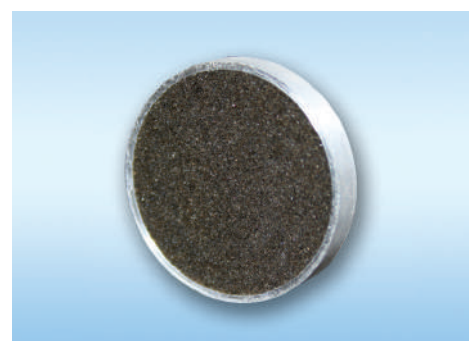
Монокристалльные держатели образцов предназначены для дифрактометрии слабых рефлексов и микроколичеств образцов на дифрактометрах различных марок, в т.ч. ДРОН. За счет интерференции в монокристалле у них отсутствует когерентное рассеяние, составляющее основную часть регистрируемого фона при использовании других держателей.



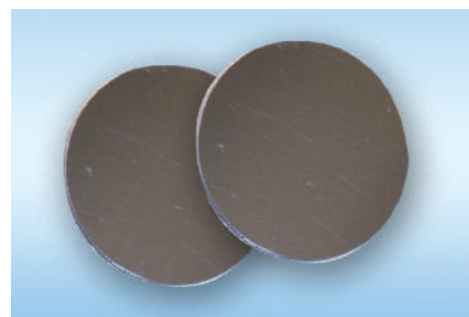
Рентгеновский интерферометр.  
 $\text{Si}(220)$ ,  $2d=0,384$  нм

## Отличительные особенности

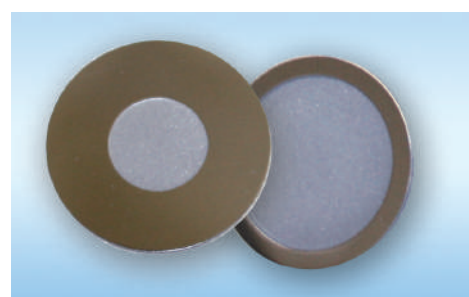
- Материалы: кремний, кварц
- Форма: круглые, прямоугольные
- Рабочая поверхность: плоская полированная, с углублением (кювета) для образца



Анализатор сферический.  
R500,  $\text{KAP}(001)$ ,  $2d=2,664$  нм



Плоские кремниевые монокристалльные держатели.



Кремниевые монокристалльные держатели с углублением.



197350, г. Санкт-Петербург, ул. Летчика Паршина, д.3, строение 1.  
[www.bourevestnik.ru](http://www.bourevestnik.ru)

**Отдел маркетинга, рекламы и продаж:**

Тел.: +7 (812) 458-89-95, 458-86-48

E-mail: [marketing.bv@alrosa.ru](mailto:marketing.bv@alrosa.ru)

**Служба послепродажного обслуживания:**

Тел./факс.: +7 (812) 528-82-83

E-mail: [service.bv@alrosa.ru](mailto:service.bv@alrosa.ru)



## Наши партнеры

### Россия

**ООО "АРС-Качество"**

тел.: +7 (812) 981-75-44, 981-74-55

e-mail: [info@ars-kachestvo.ru](mailto:info@ars-kachestvo.ru)

[www.ars-kachestvo.ru](http://www.ars-kachestvo.ru)

**АО «Невалаб»**

тел.: +7 (812) 336-32-00

e-mail: [info@nevalab.ru](mailto:info@nevalab.ru)

[www.nevalab.ru](http://www.nevalab.ru)

**ООО "УЕД"**

тел.: +7 (960) 283-78-06

e-mail: [info@ued-lab.ru](mailto:info@ued-lab.ru)

[www.difraktometr.ru](http://www.difraktometr.ru)

### Казахстан

**ТОО "Elementum"**

тел.: +7(727) 250-89-76, 329-68-75

e-mail: [info@elementum.kz](mailto:info@elementum.kz), [elementum.kz@mail.ru](mailto:elementum.kz@mail.ru)

[www.elementum.kz](http://www.elementum.kz)