

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Дифрактометры рентгеновские ДРОН

#### Назначение средства измерений

Дифрактометры рентгеновские ДРОН (далее – дифрактометры) предназначены для измерений интенсивности и углов дифракции рентгеновского излучения, рассеянного на кристаллическом объекте, и могут применяться для рентгенодифракционного анализа фазового состава, структурного состояния и ориентации широкого круга объектов различной формы и размера.

#### Описание средства измерений

Принцип действия дифрактометров основан на дифракции рентгеновских лучей от атомных плоскостей кристаллической решетки исследуемого вещества в соответствии с законом Вульфа-Брегга. В основе конструкции дифрактометров используется рентгенооптическая схема Брегга-Брентано.

К настоящему типу средств измерений относятся дифрактометры модификаций ДРОН-8НС и ДРОН-8ТС, которые отличаются конструкцией гониометра, а именно наличием дополнительных датчиков положения для модификации ДРОН-8ТС.

Дифрактометры конструктивно представляют из себя стационарные напольные приборы модульной архитектуры и состоят из:

- устройства рентгенодифракционного;
- стойки питания и управления;
- системы охлаждения;
- персонального компьютера с предустановленной программой управления и сбора данных.

Устройство рентгенодифракционное состоит из двух основных частей: защитного кабинета и стойки дифрактометрической.

Защитный кабинет предназначен для защиты обслуживающего персонала от рентгеновского излучения и представляет собой конструкцию из нержавеющей стали и листов свинца, окружающую со всех сторон стойку дифрактометрическую. В конструкции предусмотрена блокировка дверей с целью предотвращения проникновения в защитный кабинет в процессе измерения.

Стойка дифрактометрическая включает в себя вертикальный двухкружный тета-тета гониометр переменного радиуса, рентгеновскую трубку в защитном кожухе с программно-управляемой заслонкой, блок детектирования рентгеновского излучения и коллимационную систему. Применяются следующие блоки детектирования: сцинтилляционный точечный детектор, линейный позиционно-чувствительный детектор.

Стойка дифрактометрическая предназначена для формирования первичного рентгеновского излучения и регистрации дифрагированного рентгеновского излучения, установки держателя (приставки) с анализируемым материалом, синхронного или независимого

углового перемещения по заданному алгоритму кронштейна с кожухом рентгеновской трубки и кронштейна с блоком детектирования. Рентгеновское излучение, направленное на анализируемый материал, отражается от его кристаллографических (атомных) плоскостей и фокусируется на приемной щели блока детектирования.

В стойке питания и управления располагаются высоковольтный источник питания (ВИП) рентгеновской трубки, блок управления и сбора данных (БУСД) и блок управления приводом (БУП).

ВИП обеспечивает питание рентгеновской трубки, регулирование режима ее работы и выполнение операций по идентификации неисправностей и обработке аварийных ситуаций.

БУП предназначен для управления приводами углового перемещения, коммутации сигналов управления и питающих напряжений от БУСД на исполнительные механизмы, блокировки.

БУСД предназначен для сбора, обработки, регистрации электрического сигнала, преобразованного из рентгеновского излучения, формирования сигналов управления приводами углового и линейного перемещения в различных режимах сбора данных.

Система охлаждения предназначена для автономного охлаждения анода рентгеновской трубки дистиллированной водой по замкнутому контуру с температурным контролем.

В соответствии с заказом в дифрактометр может устанавливаться следующее дополнительное оборудование: одноосная приставка, универсальная приставка, автосменщик образцов, экваториальная щель Соллера, приставка трехосная с картированием, приставка трехосная с наклоном, приставка пятиосная многофункциональная, приставка Гандольфи, держатель больших образцов четырехосный, одномерное параболическое зеркало, моторизованный кожух рентгеновской трубки, моторизованная экваториальная щель на первичном и/или дифрагированном пучке, монохроматор на первичном и/или дифрагированном пучке.

Маркировка дифрактометров наносится методом лазерной гравировки на планке фирменной (шильдике), которая крепится к левой боковой панели устройства рентгенодифракционного и содержит следующую информацию: наименование и обозначение средства измерений, заводской номер в цифровом формате, знак утверждения типа, товарный знак организации-изготовителя, единый знак обращения продукции на рынке стран Евразийского экономического союза, напряжение питания, частота сети электропитания, число фаз, потребляемая мощность, масса, код степени защиты оболочки IP, надпись «СДЕЛАНО В РОССИИ», дата изготовления.

Предусмотрено пломбирование при пуско-наладочных работах на задних панелях ВИП, БУСД и БУП внутри стойки питания и управления посредством применения чашек для пломбирования. Пломбирование стойки дифрактометрической производится на территории завода-изготовителя.

Нанесение знака поверки на дифрактометры не предусмотрено.

Общий вид дифрактометров приведен на рисунке 1.

Места пломбирования указаны на рисунках 2 – 4.

Вид планки фирменной (шильдика) с обозначением типа и заводским номером дифрактометра приведен на рисунке 5.



Рисунок 1 – Общий вид дифрактометров рентгеновских ДРОН модификаций ДРОН-8НС и ДРОН-8ТС



Рисунок 2 – Место пломбирования дифрактометров рентгеновских ДРОН на задней панели ВИП



Рисунок 3 – Место пломбирования дифрактометров рентгеновских ДРОН на задней панели БУСД

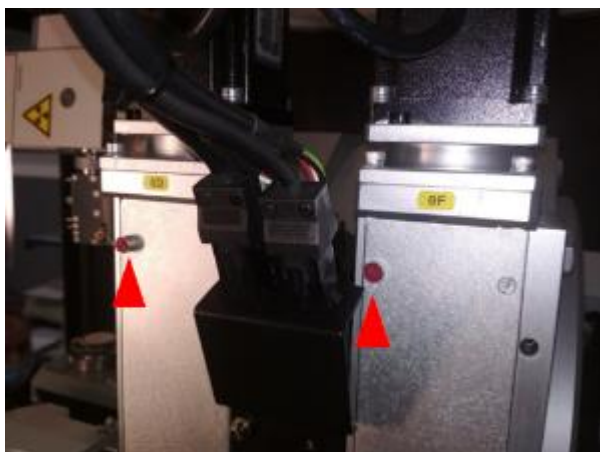


Рисунок 4 – Места пломбирования дифрактометров рентгеновских ДРОН на стойке дифрактометрической

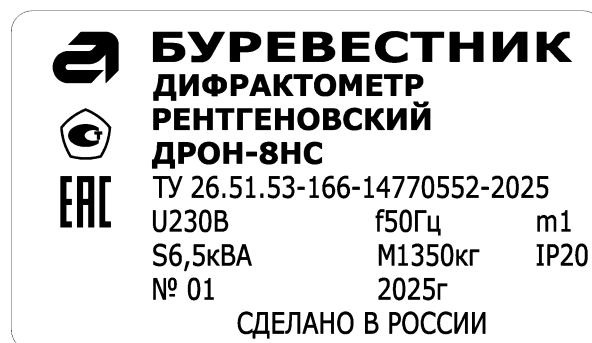


Рисунок 5 – Вид планки фирменной (шильдика) с обозначением типа и заводским номером дифрактометров рентгеновских ДРОН

### Программное обеспечение

Дифрактометры оснащены программным обеспечением (далее – ПО), которое состоит из программ нижнего, среднего и верхнего уровня. Программы нижнего (motor driver, preobrazovatel\_napryazanii, usilitel-discriminator) и программа среднего уровня (dron8-ml) являются встроенными ПО и установлены в промышленном ПК, расположенном в БУСД. Программа верхнего уровня DRON-8 Data collection является автономным ПО и установлена на персональном компьютере.

Метрологически значимая часть ПО выполняет следующие функции:

- управление дифрактометром;
- установка режимов работы дифрактометра;
- настройка и оптимизация параметров;
- проведение диагностических проверок дифрактометра;
- измерение интенсивности и углов дифракции рентгеновского излучения, рассеянного на кристаллическом объекте;
- отображение результатов измерений;
- обработка, передача и хранение результатов измерений.

Идентификационные данные ПО указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение				
	DRON-8 Data collection	dron8-ml	motor driver	preobrazovatel_napryazanii	usilitel-discriminator
Идентификационное наименование ПО	DRON-8 Data collection	dron8-ml	motor driver	preobrazovatel_napryazanii	usilitel-discriminator
Номер версии (идентификационный номер) ПО	0.1.0.X	0.2.3-Y	0.0.Z	0.0.W	0.0.V
Цифровой идентификатор метрологически значимого файла ПО	0x5802C37D (файл DataCol.exe для версии 0.1.0.7)	0x7B5FFC30 (для версии 0.2.3-1)	0xBB (для версии 0.0.1)	0x6C (для версии 0.0.1)	0xA2 (для версии 0.0.1)

Продолжение таблицы 1

Идентификационные данные (признаки)	Значение				
	CRC32	CRC-32	CRC-8	CRC-8	CRC-8
Алгоритм расчета цифрового идентификатора					
<p>Примечание – Номера версий записываются в виде метрологически значимых (неизменяемых) частей ПО, указанных в виде цифрового обозначения в начале номеров версий, и последующим рядом цифр, которые описывают модификации ПО:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0.1.0.X (ПО DRON-8 Data collection);</li> <li>- 0.2.3-Y (ПО dron8-ml);</li> <li>- 0.0.Z (ПО motor driver);</li> <li>- 0.0.W (preobrazovatel_napryazeni);</li> <li>- 0.0.V (usilitel-discriminator),</li> </ul> <p>где X, Y, Z, W, V – не являются метрологически значимыми, описывают модификации ПО и могут принимать значения от 1 до 100.</p>					

Уровень защиты ПО соответствует уровню «средний» согласно Р 50.2.077-2014.

### Метрологические и технические характеристики

Таблица 2 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
<p>Диапазон измерений углов дифракции <math>2\theta</math>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- с блоком детектирования: сцинтилляционный точечный детектор</li> <li>- с блоком детектирования: линейный позиционно-чувствительный детектор</li> </ul>	<p>от <math>+1^\circ</math> до <math>+150^\circ</math></p> <p>от <math>+1^\circ</math> до <math>+140^\circ</math></p>
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений угловых положений дифракционных максимумов	$\pm 0,01^\circ$
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений параметров кристаллической решетки, нм:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\Delta a</math></li> <li>- <math>\Delta c</math></li> </ul>	<p><math>\pm 0,0001</math></p> <p><math>\pm 0,0010</math></p>
<p>Среднеквадратичное отклонение (СКО) случайной составляющей погрешности измерений угловых положений дифракционных максимумов по <math>2\theta</math>, не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- с блоком детектирования: сцинтилляционный точечный детектор</li> <li>- с блоком детектирования: линейный позиционно-чувствительный детектор</li> </ul>	<p>0,002°</p> <p>0,001°</p>
Относительное среднеквадратичное отклонение (ОСКО) случайной составляющей погрешности измерений пиковой интенсивности дифракционных линий, %, не более	2

Таблица 3 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Материал анода рентгеновской трубки: - базовая конфигурация - опционально	Cu Co/Cr/Mo/Fe/Ag/W/Ni/V
Размер фокуса анода рентгеновской трубки, мм <sup>2</sup> : - базовая конфигурация - опционально	0,4×8,0/0,4×12,0 1,0×10,0/1,6×10,0
Диапазон угловых перемещений кронштейна рентгеновской трубки $\theta_F$	от -5° до +95°
Диапазон угловых перемещений кронштейна блока детектирования, $\theta_D$ : - при использовании блока детектирования - сцинтилляционный точечный детектор - при использовании блока детектирования - линейный позиционно-чувствительный детектор	от -5° до +165° от -5° до +160°
Скорость позиционирования (угловых перемещений кронштейнов блока детектирования и рентгеновской трубки), градус/мин, не менее	1000
Максимальная скорость сканирования, градус/мин	100
Минимальный шаг сканирования: - для модификации ДРОН-8НС - для модификации ДРОН-8ТС	0,0005° 0,0001°
Радиус гониометра, мм	от 180 до 300
Вращение образца по оси $\phi$ , оборот/мин	30; 60
Масса основных составных частей дифрактометра, кг, не более: - устройство рентгенодифракционное - стойка питания и управления - система охлаждения	1000 300 50
Габаритные размеры (ширина×глубина×высота), мм, не более: - устройство рентгенодифракционное - стойка питания и управления - система охлаждения	1400×1300×2100 700×1000×1800 400×600×800
Параметры электрического питания: - напряжение питания от однофазной сети переменного тока частотой (50±1) Гц, В	от 207 до 253
Потребляемая мощность, В·А, не более	6500
Условия эксплуатации: - температура окружающей среды, °С - атмосферное давление, кПа - относительная влажность воздуха, %, не более	от +15 до +35 от 84 до 106,7 80
Степень защиты от внешних влияющих воздействий по ГОСТ 14254-2015	IP20

Таблица 4 – Показатели надежности

Наименование характеристики	Значение
Средний срок службы, лет, не менее	10
Средняя наработка на отказ, ч	15000

### Знак утверждения типа

наносится методом лазерной гравировки на шильдик, который крепится к левой боковой панели устройства рентгенодифракционного, и на титульный лист руководства по эксплуатации и паспорта типографским способом.

### Комплектность средства измерений

Таблица 5 – Комплектность средства измерений

Наименование изделия	Обозначение	Количество
Дифрактометр рентгеновский ДРОН модификации ДРОН-8НС (ДРОН-8ТС)	ТА33.1.210.083 (ТА34.1.210.084)	1 шт.
Компьютер с периферийными устройствами	-	1 комплект
Комплект запасных частей, инструмента, принадлежностей и сменных частей согласно ведомости ТА33.1.210.083 ЗИ (ТА34.1.210.084 ЗИ)	-	1 комплект
Комплект монтажных частей	220.791.00.00	1 комплект
Программное обеспечение DRON-8 Data collection. Установочный комплект.	Я6-00.247-01	1 USB-носитель
Ведомость эксплуатационных документов дифрактометра рентгеновского ДРОН модификации ДРОН-8НС (ДРОН-8ТС).	ТА33.1.210.083 ВЭ (ТА34.1.210.084 ВЭ)	1 экз.
Дифрактометры рентгеновские ДРОН. Руководство по эксплуатации. Часть 1. Сведения об изделии	ТА33.1.210.083 РЭ	1 экз.
Дифрактометры рентгеновские ДРОН. Руководство по эксплуатации. Часть 2. Опциональные составляющие	ТА33.1.210.083-01 РЭ	1 экз.
Программное обеспечение DRON-8 Data collection для управления и сбора данных. Руководство оператора	-	1 экз.
Дифрактометр рентгеновский ДРОН модификации ДРОН-8НС (ДРОН-8ТС). Паспорт	ТА33.1.210.083 ПС (ТА34.1.210.084 ПС)	1 экз.

### Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в документе ТА33.1.210.083 РЭ «Дифрактометры рентгеновские ДРОН. Руководство по эксплуатации. Часть 1. Сведения об изделии», раздел 12.4 «Измерения на дифрактометре».

### Нормативные документы, устанавливающие требования к средству измерений

ТУ 26.51.53-166-14770552-2025 «Дифрактометры рентгеновские ДРОН. Технические условия».

### Правообладатель

Акционерное общество «Инновационный центр «Буревестник»

(АО «ИЦ «Буревестник»)

ИНН 7814687586

Юридический адрес: 197375, г. Санкт-Петербург, ул. Лётчика Паршина, д. 3, стр. 1

Телефон/факс: (812) 615-12-39/(812) 458-89-95

Веб-сайт: bourestnik.ru

E-mail: bourestnik@alrosa.ru

**Изготовитель**

Акционерное общество «Инновационный центр «Буревестник»  
(АО «ИЦ «Буревестник»)  
ИНН 7814687586  
Адрес: 197375, г. Санкт-Петербург, ул. Лётчика Паршина, д. 3, стр. 1  
Телефон/факс: (812) 615-12-39/(812) 458-89-95  
Веб-сайт: bourestnik.ru  
E-mail: bourestnik@alrosa.ru

**Испытательный центр**

Акционерное общество «Научно-исследовательский центр по изучению свойств поверхности и вакуума»  
(АО «НИЦПВ»)  
Адрес: 119421, г. Москва, ул. Новаторов, д. 40, корп. 1  
Телефон/факс: (495) 935-97-77  
E-mail: mail@nicpv.ru  
Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц  
RA.RU.314803