

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

96-488

P13-96-488

Н.И.Балалыкин, В.Ф.Минашкин, В.А.Савельев,  
Н.Н.Скынтее, А.В.Скрыпник, С.И.Тютюнников

МОДЕРНИЗАЦИЯ  
РЕНТГЕНОВСКОГО ДИФРАКТОМЕТРА ДРОН-2

1996

## Введение

Дифрактометр ДРОН-2 [1] позволяет проводить общий рентгеноструктурный анализ поли- и монокристаллов при разных внешних условиях. Он имеет в своём составе несколько основных частей:

- источник рентгеновского излучения (рентгеновская трубка БСВ23-Си и высоковольтный источник питания ВИП2-50-60М);
- гониометр ГУР-5, который обеспечивает проведение рентгенографических исследований различных материалов с помощью специальных приставок и температурных камер;
- устройство управления, которое задаёт режимы работы гониометра и организует измерение интенсивности дифракционных отражений от исследуемых образцов с выводом информации на цифропечатающее устройство и диаграммную ленту регистрирующего устройства.

Необходимость модернизации дифрактометра ДРОН-2 вызвана тем обстоятельством, что проводить исследования на нём чрезвычайно трудно в связи с полным отсутствием автоматизации управления и измерения, так как подключение компьютера с помощью стандартных интерфейсов в дифрактометре этого типа не предусмотрено. И если параметры источника рентгеновского излучения и гониометра отвечают современным требованиям, то устройство управления морально устарело и его дальнейшая эксплуатация или развитие не представляется возможным.

Кроме этого, вызывает определённые трудности то обстоятельство, что питающие напряжения для управления гониометра подаются из высоковольтного источника питания рентгеновской трубки. Также не отвечает современным требованиям радиационной безопасности организация биологической защиты оператора установки от рентгеновского излучения и при этом не представляется возможным установка крупногабаритных устройств на гониометр.

Целью модернизации дифрактометра ДРОН-2 является устранение вышеперечисленных недостатков при сохранении тех параметров, которые обеспечиваются имеющимися в составе

установки гониометром и источником рентгеновского излучения. Решалась эта задача путём полной замены устройства управления и другой конструкцией защитного экрана.

Модернизация установки состоит из двух этапов. На первом этапе создаются и внедряются те элементы установки и в таком объёме, чтобы обеспечить проведение исследований. На втором этапе, с учётом опыта эксплуатации будет осуществляться дальнейшее совершенствование отдельных частей установки с целью улучшения качества эксплуатации и постановки новых экспериментов.

## Общее описание модернизированной установки

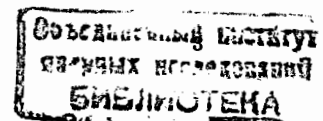
Структурная схема модернизированной установки (ДРОН-2-М) приведена на рис.1. Установка состоит из источника рентгеновского излучения (рентгеновская трубка и высоковольтный источник питания), гониометра и системы управления.

Как уже отмечалось выше, полностью была заменена система управления. Она выполнена с помощью аппаратуры в стандарте КАМАК с широким применением серийной аппаратуры, что позволит значительно сократить затраты на модернизацию. Управление аппаратурой осуществляется от компьютера типа IBM PC/AT через крейт-контроллер КК009 и плату связи ПК009 [2].

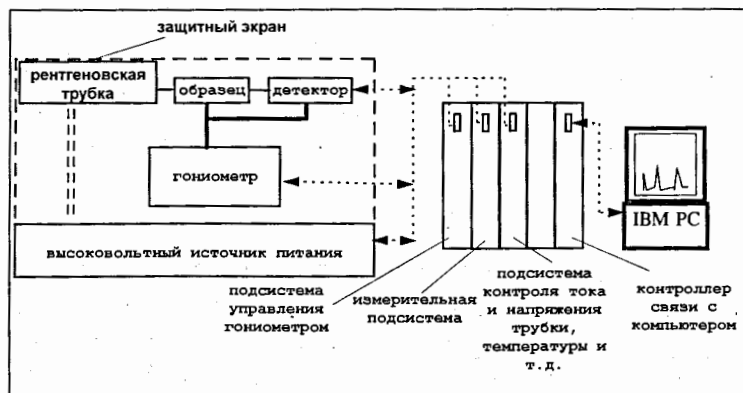
Объём аппаратуры - 1 крейт КАМАК. Программное обеспечение управляет работой всех подсистем дифрактометра, осуществляет набор экспериментальных данных, их предварительную обработку с выводом информации и записью данных на запоминающее устройство для дальнейшей обработки.

## Подсистема управления гониометром ГУР-5

Гониометр ГУР-5 поставляется в составе дифрактометра ДРОН-2 и предназначается для проведения рентгенографических исследований различных материалов с помощью специальных приставок и температурных камер, устанавливаемых на гониометр. В состав гониометра входят монокроматоры с плоскими и изогнутыми кристаллами, столик для неподвижных



образцов, гониометрические приставки, зрительная трубка и комплект вкладышей со щелями.



**Рис.1** Рентгеновская установка ДРОН-2-М

При работе дифрактометра используется явление дифракции рентгеновских лучей от атомных плоскостей кристаллической решётки исследуемого вещества. Пучок рентгеновских лучей, выходящий из окна рентгеновской трубки, падает через входное щелевое устройство гониометра на исследуемый образец, закреплённый в одном из держателей на оси гониометра.

Дифрагированное исследуемым образцом излучение попадает в детектор, преобразующий рентгеновские кванты в электрические сигналы, количество которых пропорционально интенсивности рентгеновского излучения.

Для вращения столика образца и детектора на определённый угол используется синхронный двухфазный электродвигатель. Управление осуществляется с использованием принципа широтно-импульсной модуляции. Для этого на обмотки подаётся напряжение  $\sim 127В$  в течение заданного интервала времени. Длительность этого интервала определяется величиной угла поворота образца и детектора. Торможение двигателя осуществляется снятием переменного напряжения  $\sim 127В$  и подачей на его обмотки постоянного напряжения  $30В$ .

Для регистрации угловых положений гониометра используются сигналы с фотодатчика. С этой целью на оси вала

детектора смонтирована диафрагма, представляющая собой непрозрачную пластину со щелями. Подсветка щелей производится специальной лампой. Фотодатчик, получая световой поток через щели, выдаёт импульсы через каждые  $0.01$  градуса.

Для организации вращения и возвратно-поступательного движения гониометрических приставок применяется гистерезисный электродвигатель с питающим напряжением  $\sim 127В$ ,  $50Гц$ .

Подсистема управления гониометра (рис.2) конструктивно состоит из двух блоков в стандарте КАМАК. В одном из блоков (усилителе мощности) содержится: источник переменного напряжения  $\sim 127В$  и постоянного напряжения  $30В$ , переменного напряжения  $\sim 6В$  для питания лампы подсветки оптической системы гониометра и ключи, управляющие работой электродвигателей.

Связь с блоком управления осуществляется с помощью разъёмов, расположенных на передних панелях блоков. В блоке управления располагаются схема управления ключами и счётчик импульсов с фотодатчика. Блок управляется как с шины DATAWAY, так и по передней панели с соответствующей индикацией. Ширина блока усилителя мощности -  $5М$ , блока управления -  $2М$ .

Дальнейшее развитие подсистемы управления может идти по пути замены действующих электродвигателей на шаговые, что позволит повысить точность установки угла поворота образца и детектора, избавит от ручного переключения скорости движения, обеспечит синхронизацию вращения элементов приставки и гониометра. Для этих целей разработан блок управления (рис.2в) шаговым двигателем типа ДШРР-А. Выполнен блок в стандарте КАМАК и имеет ширину  $1М$ .

### Подсистема измерения

Для измерения интенсивности дифрагированного рентгеновского излучения в дифрактометре применяются два типа детекторов:



- блок детектирования пропорциональный БДП-2;
- блок детектирования сцинтилляционный БДС-6.

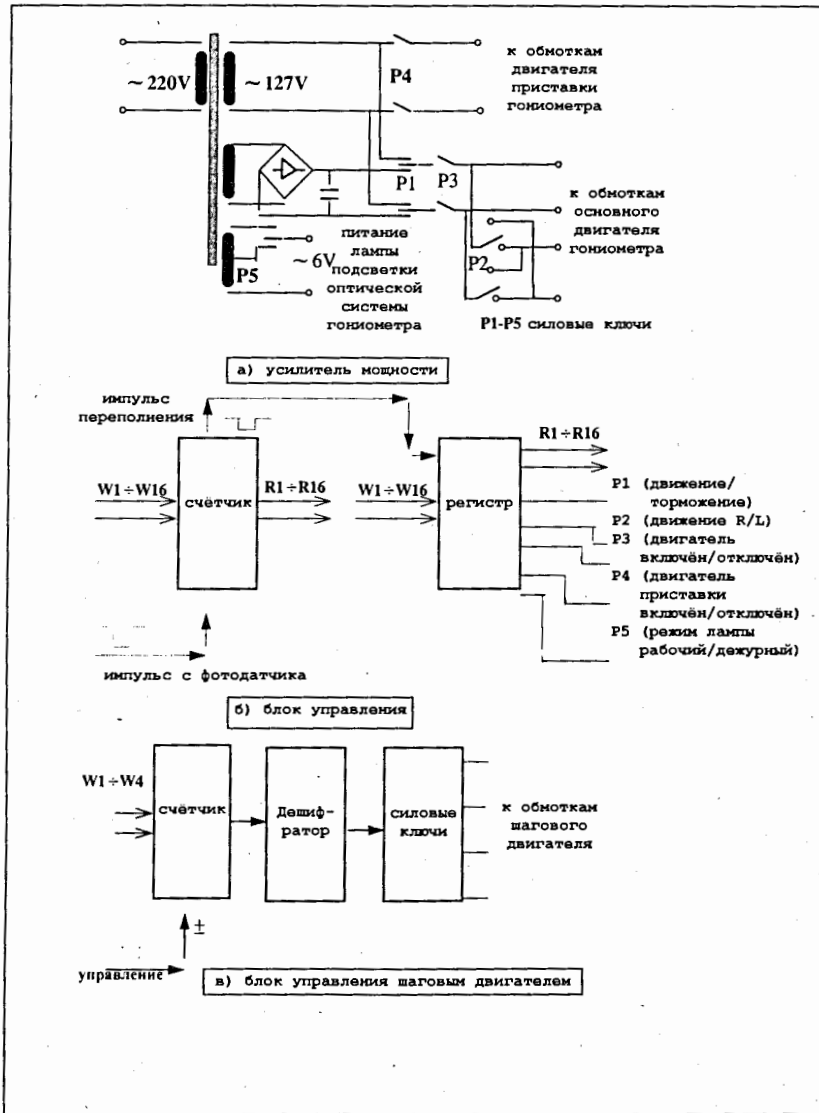


Рис. 2 Организация управления гониометром

Эти блоки устанавливаются на кронштейн гониометра. В качестве высоковольтного источника питания используется блок *HIGH VOLTAGE POWER SUPPLY 1904* [3]. Импульсы с детектора поступают на специально разработанный блок согласования (рис.3). Этот блок содержит усилитель-дискриминатор с регулируемым порогом, задаваемым либо с передней панели, либо с помощью цифроаналогового преобразователя *CAM 4.11* [4].

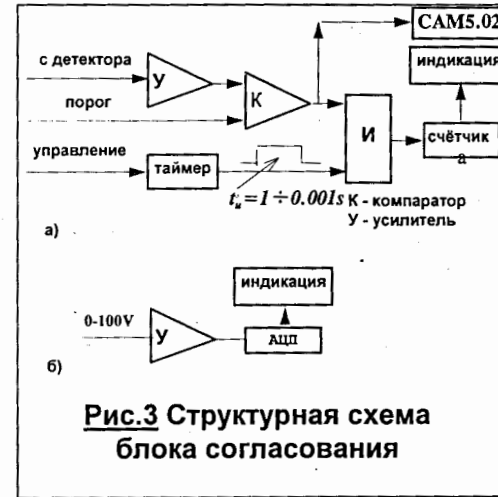


Рис.3 Структурная схема блока согласования

С дискриминатора импульсы в уровнях *TTL* поступают как на переднюю панель блока для последующей обработки, так и на вход счётчика, расположенного в блоке. Этот счётчик подсчитывает число импульсов в единицу времени, и результат выдаётся в цифровом виде на передней панели блока для

контроля интенсивности рентгеновского излучения.

Кроме того, в этом блоке для визуального контроля уровней постоянных напряжений (питающих напряжений, уровня порога дискриминатора и т.д.) содержится цифровой вольтметр на базе микросхемы типа *ICL 7107* [5] и схема управления заслонкой первичного рентгеновского пучка с соответствующей индикацией положения.

Импульсы с разъёма на передней панели блока (после усилителя-дискриминатора), характеризующие интенсивность рентгеновского излучения, поступают на вход блока *TIMER-SCALER CAM 5.02* [6]. С помощью этого блока реализуются следующие режимы:

- подсчёт скорости импульсов (метод интенсиметра);

- подсчёт числа импульсов за определённый интервал времени (метод таймера);
- определение времени, за которое набирается определённое количество импульсов (метод набора постоянного числа импульсов);
- подсчёт числа импульсов в счётном канале за время набора заданного числа импульсов в мониторинговом (образцовом) канале (метод монитора).

### Подсистема контроля

Подсистема контроля выполняет ряд функций:

- контроль температуры охлаждающей воды, корпуса рентгеновской трубки, окружающей среды и т.д.;
- контроль напряжения и тока в рентгеновской трубке;
- контроль состояния элементов радиационной защиты.



**Рис.4 Организация подсистемы контроля**

С целью оптимизации состава аппаратуры в большинстве датчиков осуществляется преобразование изменяемого параметра в напряжение, нормированное по величине. И далее эти сигналы через коммутатор КА004 [7] поступают на вход аналого-цифрового преобразователя типа САМ 4.05-11 [8] (рис.4).

### Организация защиты от рентгеновского излучения

Как уже отмечалось, радиационная защита оператора в ДРОН-2 осуществлялась с помощью экрана, выполненного в виде шторки из лепестков специальной резины. К недостаткам такой защиты следует отнести как малый объём экрана (нельзя устанавливать крупногабаритные устройства), так и то, что такой способ защиты не обеспечивает эффективную радиационную защиту (в частности, при юстировке рентгенооптического тракта) и исключает визуальный контроль в исследуемом объёме.

Кроме этого, отсутствует индикация подачи на рентгеновскую трубку высокого напряжения и заслонка первичного рентгеновского излучения с индикацией её состояния.

Устраняются эти недостатки следующим образом. На кожухе рентгеновской трубки устанавливаются два светодиода, показывающие *включение/выключение* высокого напряжения и электромагнита заслонки соответственно. Там же устанавливается и сама заслонка. Защитный экран выполнен с учётом современных требований и смонтирован на операционном столе высоковольтного источника питания. Размеры его таковы, что объём с гониометром, рентгеновской трубкой и детектором закрывается полностью. Защитный экран имеет четыре дверцы и специальное стекло, которое при открытых передних дверцах может двигаться по направляющим. Сверху экрана расположена крышка, при снятии которой можно устанавливать крупногабаритные устройства (криостат, вакуумные системы и т.д.). Дверцы имеют магнитные защёлки и датчики закрытия/открытия дверей.

Применение защитного экрана такого типа существенно повышает удобство эксплуатации дифрактометра при соблюдении всех требований по радиационной безопасности обслуживающего персонала.

### Заключение

Таким образом, на базе имеющихся источника рентгеновского излучения и гониометра дифрактометра ДРОН-2 путём полной замены морально устаревшей управляющей электроники создана современная, качественно новая по сравнению с исходным вариантом, рентгеновская установка с широким кругом возможностей.

Управляющая система выполнена с широким использованием серийно выпускаемой аппаратуры в стандарте КАМАК под управлением компьютера типа IBM PC/AT. Кроме того, реализован современный вариант радиационной защиты рабочего объёма установки.

В заключение следует отметить основные отличия модернизированного дифрактометра от аналогичных установок,

например ДРОН-3. Во-первых, так как электронная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК, то постановка новых экспериментов значительно упрощается. Во-вторых, улучшены эксплуатационные характеристики. Так, например, применение шаговых двигателей позволит не только повысить точность установки угловых положений, но и синхронизировать перемещение элементов гониометра и приставки относительно друг друга.

### Литература

1. ДРОН-2. Дифрактометр рентгеновский общего назначения. Техническое описание. 1978.
2. Антюхов В.А. и др. Сообщение ОИЯИ P10-87-928, Дубна, 1987.
3. Блок питания высокого напряжения, тип 1904. Техническое описание, Pоlоn, Польша.
4. САМ 4.11. 4x10 bit DAC. KFKI, Budapest.
5. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М.: Мир, 1984, Т.2 с.70.
6. САМ 5.02. Scaler-Timer, KFKI, Budapest, 1981.
7. Антюхов В.А. и др. Сообщение ОИЯИ 10-11636, Дубна, 1978.
8. САМ 4.06-2. Integrating Analog - Digital Converter. KFKI-74-9403. Budapest.

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 декабря 1996 года.

Балалькин Н.И. и др.

P13-96-488

Модернизация рентгеновского дифрактометра ДРОН-2

Приводятся структура и состав аппаратуры нового варианта рентгеновского дифрактометра ДРОН-2. Управляющая и измерительная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК. Объем аппаратуры — один кейт КАМАК. Сделан новый вариант защитного экрана. Пакет программ состоит из программ начальной установки, управления, обработки и вывода информации.

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1996

Перевод авторов

Balalykin N.I. et al.

P13-96-488

Modernization of X-Ray Diffractometer DRON-2

The apparatus structure and the composition of a new version of the X-ray diffractometer DRON-2 are presented. Control and measuring apparatus was realized in CAMAC standard. The apparatus volume is one CAMAC crate. New version is made of the X-ray shield. The program packet consists of the first display programs, control, treatment and information exit.

The investigation has been performed at the Laboratory of Particle Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1996