

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P13-93-420

В.Д.Кондрашов, А.Р.Кузьмичев,  
А.А.Ларин, Н.М.Лустов, А.А.Мальцев,  
М.А.Мальцев, А.Г.Федунов

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ГОДОСКОП  
ДЛЯ УСКОРЯЕМЫХ ПУЧКОВ  
(ПРЕДЛОЖЕНИЕ)

1993



## ВВЕДЕНИЕ

Решение многих задач физического эксперимента, проводимого на ускорителе заряженных частиц, непосредственно зависит от точного выполнения требований, предъявляемых к ускоренному пучку. Проблема контроля и регулирования пучка на различных стадиях его формирования и ускорения предполагает необходимость пространственно-временной диагностики пучка в определенных точках вакуумной камеры ускорителя, а именно измерения геометрии пучка, оценки числа заряженных частиц по сечению пучка. Для ускорительных комплексов ОИЯИ как существующих (синхрофазотрон), так и вновь создаваемых (нуклотрон) и проектируемых (К4—К10, с-т-фабрика), задача измерения геометрии и оценки интенсивности пучка заряженных частиц при его формировании, ускорении и выводе является одной из актуальных. Особенно остро эта проблема стоит при диагностике малоинтенсивных пучков, с числом частиц порядка  $10^3$ — $10^6$ . Одним из способов решения этой задачи может быть метод с использованием годоскопического координатного детектора — первичного преобразователя, принцип действия которого основан на сцинтилляционном эффекте, возникающем при прохождении заряженной частицы через материал (вещество), обладающий сцинтиллирующими свойствами.

### ПРИНЦИПЫ, ЗАКЛАДЫВАЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО ГОДОСКОПА

При разработке проекта сцинтилляционного годоскопа было решено в его основу заложить следующие принципы:

1. Обеспечение необходимой точности измерений, эффективности и быстродействия.
2. Надежность работы отдельных частей и всего годоскопа в целом.
3. Удобство управления установкой и наглядность представляемой информации.
4. Возможность проведения измерений параметров пучка как автономно, так и под общей системой управления ускорителем.

Сцинтилляционный годоскоп предназначен для идентификации пучка заряженных частиц по времени прохождения через детектор и анализу

амплитудной информации с сцинтиллирующих элементов детектора. Такой детектор — первичный преобразователь обладает рядом важных достоинств, это:

1) нечувствительность к электромагнитным помехам (для ускорительных диагностических систем выделение полезного сигнала над уровнем помех всегда является серьезной проблемой);

2) практическая безынерционность (быстродействие регистрирующей системы зависит только от постоянной времени фотоприемного устройства);

3) гальваническая развязка регистрирующей системы годоскопа относительно ускорителя и его узлов.

Ниже описывается координатная сцинтилляционная годоскопическая система для диагностики малоинтенсивных пучков заряженных частиц в условиях глубокого вакуума.

## НАЧАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ

Диагностика должна осуществляться на заданных участках (точках) внутри вакуумной камеры ускорителя при настройке оптимального режима работы ускорителя (ускоряемого пучка). Основные начальные условия, которым должна удовлетворять годоскопическая система, перечислены в

Таблица. Характеристики сцинтилляционного годоскопа

Пучок	
— энергия частиц	20 МэВ—10 ГэВ
— число частиц	$10^3 - 10^6$
— поперечный размер пучка, мм	0,012—30,000
— диагностируемое пространство в плоскости сечения пучка, мм <sup>2</sup>	30 × 60
Временное разрешение, с	$\leq 10^{-8}$
Вакуум, мм рт.ст.	$\sim 10^{-9}$
Диагностируемые участки (места установки детектора)	на вводе и выводе пучка; в каналах перевода (в магните Ламбертона); по требованию ускорительного эксперимента;
Режим работы	постоянный, для контроля отклонения пучка от оси; периодический, для контроля профиля пучка;
Особые требования	детали детектора, устанавливаемые внутри вакуумной камеры ускорителя не должны заметно ухудшать вакуум в камере, не должны влиять (искажать) на конфигурацию магнитных полей, должны обладать радиационной стойкостью.

таблице. Необходимо отметить, что в начальные условия был заложен заведомо широкий диапазон требований (в основном это касается параметров пучка). Для каждого конкретного случая может быть разработан свой детектирующий узел.

## ДЕТЕКТОР

Конструкция сцинтиляционного детектора выбирается исходя из требований диагностируемого пучка. Для нахождения положения (оси) пучка в пространстве ускорительной камеры достаточно рамки из четырех сцинтиллирующих нитей. В этом случае детектор может быть установлен в камере и работать в постоянном режиме, а отклонение пучка от оси определяется по его касанию одной из нитей решетки. Такой детектор может быть использован для пучка любого диаметра и в том числе на пучке с- $\tau$ -фабрики, размер которого ожидается  $\sim 10$  мкм.

Для наблюдения профиля пучка и определения распределения частиц по его сечению при настройке ускорителя либо при периодическом контроле пучка необходим детектор, выполненный в виде многонитевой решетки. Для примера приводится описание конструкции многонитевого детектора, который может быть использован на протонном пучке (синхрофазотрон, нуклотрон) или пучке тяжелых ионов (проект К4—К10).

Детектор годоскопа представляет собой двухкоординатную решетку размером 60 мм по горизонтали и 30 мм по вертикали, ориентированную перпендикулярно оси пучка. Решетка образуется из двух координатных плоскостей, каждая из которых состоит из ряда параллельно расположенных сцинтилляторов (гребенки) из органического стекла диаметром  $\sim 1$  мм (поперечное сечение сцинтиллирующих нитей может быть прямоугольным, эллипсным или любой другой формы, определяемой требованиями ускорительного эксперимента). Нити одной плоскости перпендикулярны, либо ориентированы под заданным углом к нитям другой. К сцинтилляторам приклеены гибкие (кварцевые) световоды, которые образуют световодную линию, выводимую через вакуумное уплотнение в корпусе детектора и обеспечивающую связь детектора с фотоприемным устройством. Фотоприемник может быть установлен как на корпусе детектора, так и отнесен на значительное расстояние, за зону электромагнитных и радиационных

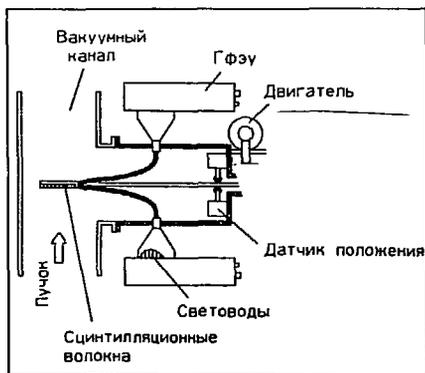


Рис. 1. Детектирующий узел годоскопа

помех работающего ускорителя. Протяженность световодной линии определяется исходя из технических условий и может составлять десятки метров.

Детектор может перемещаться в направлении, перпендикулярном оси пучка, и занимать два фиксированных положения. Одно — когда ось пучка проходит через центр решетки детектора и производятся измерения параметров пучка. Другое — когда детектор находится вне канала прохождения пучка. Кроме того, предусмотрена возможность плавного перемещения детектора перпендикулярно оси пучка с точностью 0,1 мм. На рис.1 представлена конструкция детектирующего узла. Детектор соответствует перечисленным начальным условиям. Принцип действия механизма перемещения детектора ясен из рис.1.

## ФОТОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО

В качестве фотоприемного устройства, регистрирующего световой сигнал с сцинтилляционных нитей детектора, используется годоскопический фотоумножитель. Годоскопический фотоумножитель (ГФЭУ) — это одномерный позиционно-чувствительный фотоумножитель с одним каналом съема информации [1]. Фотокатод ГФЭУ марки ГФЭУ-30 имеет размер 200 × 20 мм. Координата области освещения фотокатода определяется по времени дрейфа фотоэлектронов в протяженной катодной камере в скрещенных электрическом и магнитном полях. Удельная задержка ГФЭУ составляет 20—30 нс/см. Пространственное разрешение годоскопов на основе ГФЭУ с сцинтилляционными волокнами диаметром 0,9 мм, расположенными в четыре слоя, составляет 0,6 мм [2]. Эффективность регистрации в пучках релятивистских частиц 99%.

Для контроля за работой сцинтилляционного годоскопа два крайних волокна в координатной плоскости засвечиваются вспышками от светодиодов.

## РЕГИСТРИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

На рис.2 показана общая схема регистрирующей электроники. Последовательность сигналов, соответствующих сцинтилляционным волокнам, с ГФЭУ проходит через усилитель (У), формирователь (Ф) и затем подается на время-цифровой преобразователь (ВЦП) для проведения временного анализа. Начало измерения осуществляется по приходу сигнала монитора от ускорителя на блок управления (БУ) и через контроллер КАМАК (К) передается в компьютер.

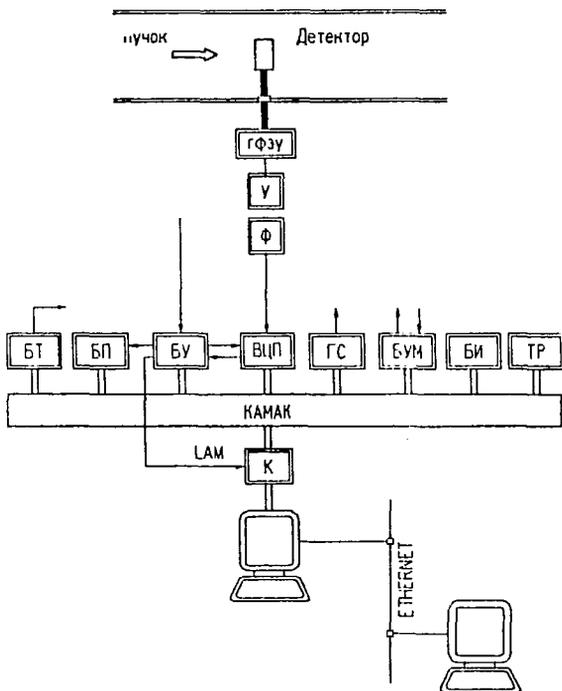


Рис.2. Общая схема детектора и регистрирующей электроники

Для контроля за работой сцинтилляционных волокон сигналы с генератора (ГС) подаются на светодиоды, освещающие тестовые волокна. Тестовый блок (БТ) имеет на выходе сигналы, позволяющие проверять работоспособность блоков АЦП и ВЦП. Контроль за работой крейта КАМАК осуществляется с помощью блока тумблерного регистра (ТР) и блока индикатора магистрали (БИ). Блок управления механикой годоскопа (БУМ) предназначен для подачи сигналов управления перемещения и контроля за положением детектора.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Функция программного обеспечения:

1. Прием, накопление и обработка информации с детектора.
2. Контроль за функционированием установки.
3. Управление механикой годоскопа.
4. Прием и передача информации в общую систему компьютерного управления ускорителем.

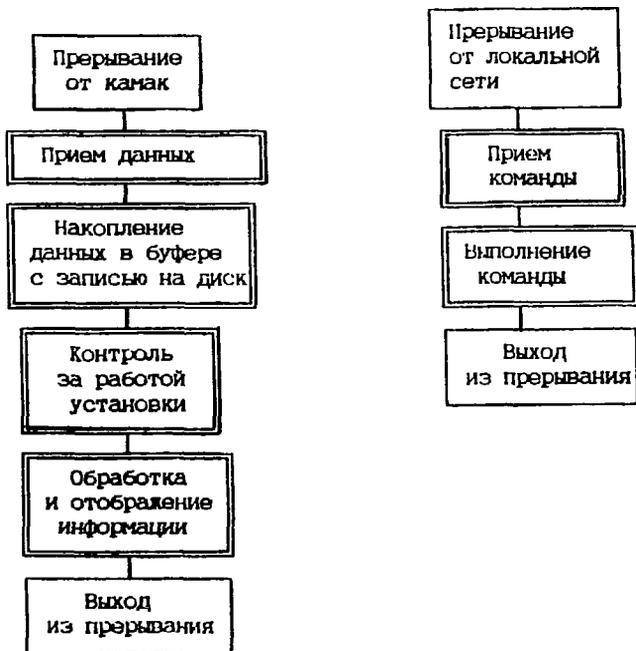
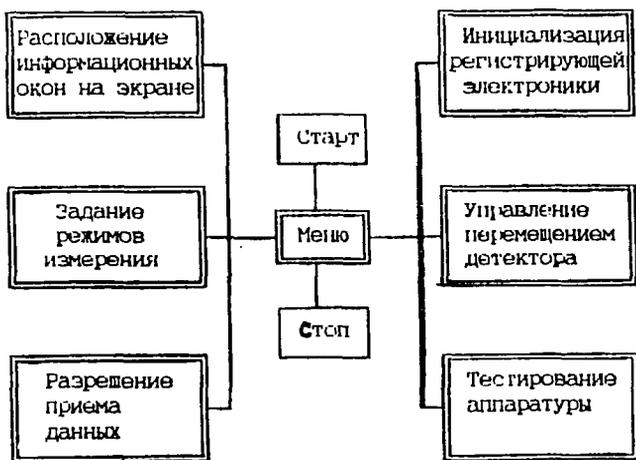


Рис.3. Функциональная схема программного обеспечения

Функциональная схема программного обеспечения представлена на рис.3.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан проект сцинтилляционной годоскопической системы для диагностики малоинтенсивных пучков заряженных частиц. Система может быть использована для протонных пучков синхрофазотрона и нуклотрона, для пучков тяжелых ионов ускорительных комплексов К4—К10, для электронных пучков,  $e^-$ -фабрики.

Основные узлы предлагаемой годоскопической системы прошли длительную апробацию на пучке синхрофазотрона и электронном пучке коллективного ускорителя тяжелых ионов (ПКУТИ и КУТИ-20), показав при этом высокую надежность в работе. Опыт создания годоскопических систем и использование имеющихся разработок отдельных узлов позволяют сократить время проектирования, создания и стендовых испытаний системы, а также существенно уменьшить затраты на проведение работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алимova Е.В. и др. — ПТЭ, 1988, №6, с.50.
2. Васильченко В.И., Рыкалин В.И. — ПТЭ, 1987, №1, с.7.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 октября 1993 года.

Принимается подписка на препринты, сообщения Объединенного института ядерных исследований и «Краткие сообщения ОИЯИ».

Установлена следующая стоимость подписки на 12 месяцев на издания ОИЯИ, включая пересылку, по отдельным тематическим категориям:

Индекс	Тематика	Цена подписки на год
1.	Экспериментальная физика высоких энергий	915 р.
2.	Теоретическая физика высоких энергий	2470 р.
3.	Экспериментальная нейтронная физика	365 р.
4.	Теоретическая физика низких энергий	735 р.
5.	Математика	460 р.
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия	275 р.
7.	Физика тяжелых ионов	185 р.
8.	Криогеника	185 р.
9.	Ускорители	460 р.
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных	560 р.
11.	Вычислительная математика и техника	560 р.
12.	Химия	90 р.
13.	Техника физического эксперимента	720 р.
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами	460 р.
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях	460 р.
16.	Дозиметрия и физика защиты	90 р.
17.	Теория конденсированного состояния	365 р.
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники	90 р.
19.	Биофизика	185 р.
	«Краткие сообщения ОИЯИ» (6 выпусков)	560 р.

Подписка может быть оформлена с любого месяца года.

По всем вопросам оформления подписки следует обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу: 141980, г.Дубна, Московской области

Кондрашов В.Д. и др.

P13-93-420

Сцинтилляционный годоскоп для ускоряемых пучков. (Предложение)

Описывается система детектирования оптического излучения для диагностики поперечных размеров пучков и распределения плотности частиц. Система основана на двух годоскопических фотоумножителях, сцинтилляторах, оптоволоконной линии передачи и электронных блоках. Система предназначена для мониторинга пучков  $c$ - $\tau$ -фабрики и синхрофазотрона с энергией 20 МэВ—10 ГэВ и интенсивностью  $10^3$ — $10^8$  частиц/см<sup>2</sup>. Кратко описана оптическая часть, конструкция детектора, аппаратура и программное обеспечение.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1993

Перевод авторов

Kondrashov V.D. et al.

P13-93-420

Scintillation Hodoscope for Accelerating Beams. (Proposal)

A system for detection of optical radiation and on-line diagnostics of special sized of beam and particle density distribution is dcscribed. The system is based on two hodoscope photomultipliers, scintillators, fiber optics line of transfer and electronic blocks. The system is intended for beam monitoring at the  $c$ - $\tau$ -factory and synhrofasetron accelerating complex at energies 20 MeV—10 GeV and intensity range of  $10^3$ — $10^8$  part./cm<sup>2</sup>. The optical parts, detector construction, hardware and software are briefly described.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1993

13 p.

Редактор Е.Н.Гудаева. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 18.02.94

Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 0,7

Тираж 360. Заказ 47004

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
Дубна Московской области