

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ - ОНФ - 91 - 61

ИФВЭ 91-61
ОНФ

Ю. Бэр, И.В. Котов, В.И. Курбаков,
В.В. Пак, А. Швинд, А.П. Яблоков

**СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ГОДОСКОП
НА 1024 КАНАЛА.
1. КОНСТРУКЦИЯ.**

Направлено в *ПТЭ*

Протвино 1991

Аннотация

Бэр Ю. и др. Сцинтилляционный годоскоп на 1024 канала. 1. Конструкция: Препринт ИФВЭ 91-61. – Протвино, 1991. – 12 с., 4 рис., 1 табл., библиогр.: 4.

Описана конструкция сцинтилляционного годоскопа на 1024 канала. Годоскоп содержит две регистрирующие плоскости, выполненные в виде полностью идентичных независимых конструкций. Форма годоскопа - правильный восьмиугольник. Поперечные размеры 4080 * 4080 мм, размер чувствительной области 3584 * 3584 мм. Ширина элемента 14 мм.

Abstract

Bähr J. et al. The 1024 Channel Scintillation Hodoscope. 1. Design: IHEP Preprint 91-61. – Protvino, 1991. – p. 12, figs. 4, tables 1, refs.: 4.

A 1024 channel scintillation hodoscope design is described. It has 2 detection planes, which are completely identical structures. The hodoscope is of orthogonal shape, and its cross section is 4080 · 4080 mm, the fiducial area is 3584 · 3584 mm. The width of the element is 14 mm.

ВВЕДЕНИЕ

В области физики нейтринных взаимодействий выход на качественно новый уровень исследований может быть осуществлен путём создания пучка меченых ν_e и ν_μ нейтрино. Идея мечения нейтрино состоит в том, что одновременно с нейтрино регистрируются и остальные частицы, образовавшиеся при распаде каона. При этом оказывается возможным^{/1-3/} по известному импульсу каона и измеренным характеристикам остальных частиц с хорошей точностью восстановить энергию, траекторию и точку образования нейтрино и обеспечить уровень фона от посторонних сортов нейтрино $\leq 10^{-3}$. Схема установки, создаваемой в ИФВЭ для реализации этой идеи, показана на рис.1.

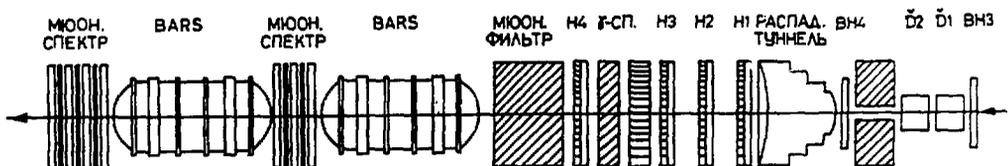


Рис. 1. Схема установки.

Для регистрации заряженных частиц от распада K^\pm -мезонов используются спинтилляционные годоскопы. Задачи годоскопов - обеспечить реконструкцию траекторий заряженных частиц, восстановление координаты точки распада и идентификацию мюонов. Для этого используются четыре двухкоординатных XU -годоскопа, установленных за распадной базой на расстоянии около 5 метров друг от друга. В данной статье детально описаны конструкция и основные механические параметры годоскопов.

1. ПРИНЦИПЫ КОНСТРУКЦИИ

Выбор спинтилляционного годоскопа (прибора достаточно трудоемкого в изготовлении и настройке) в качестве трекового детектора станции мечения обусловлен его способностью работать в условиях больших загрузок. Ожидаемая загрузка при работе в режиме мечения 10^6 частиц/элемент в секунду.

Основным требованием, предъявляемым к спинтилляционным годоскопам, в нашем случае, естественно, является высокая эффективность регистрации заряженных частиц от распада K -мезонов. Она обеспечивается выбором соответствующих геометрических размеров годоскопа, сведением к минимуму мертвых зон и достаточно высокой эффективностью каждого канала регистрации. Расчеты показали ^{/1,2/}, что увеличение размера годоскопов более $R \simeq 1,8$ м не приводит к существенному росту геометрической эффективности установки, т.е. размер спинтилляционных плоскостей должен быть $\sim 3,6$ м.

При сборке элементов годоскопа в плоскость мертвые зоны возникают из-за зазоров на стыках соседних элементов. Величина зазоров в основном определяется толщиной светоизоляционного материала. Эту проблему можно исключить, устроив небольшое перекрытие между соседними элементами, однако в этом случае конструкция годоскопа усложняется. Нами было выбрано "плоское" решение. Площадь мертвых зон сведена до 0,7% площади спинтилляционной плоскости.

Характеристики спинтиллятора и светосбор подробно описаны ниже. Здесь отметим только, что даже в самом неблагоприятном случае регистрируется не менее 4 - 5 фотоэлектронов.

Другое важное требование, предъявляемое к годоскопам, - обеспечение хорошей точности измерения параметров траектории заряженной частицы.

Предельно достижимая точность измерения углов вылета заряженных частиц ограничена многократным рассеянием в веществе, имеющемся на пути частиц (фланец распадной трубы, воздух, спинтилляционные плоскости годоскопов). При толщине спинтиллятора 12 мм рассеяние только в веществе годоскопов ограничивает точность измерения углов на уровне $\sigma_\theta \simeq 4,2/p$ мрад/ГэВ/с. Нами выбрана ширина элемента годоскопа 14 мм. При этом вклад в суммарное разрешение из-за конечной ширины элемента того же порядка, что и от многократного рассеяния. При выборе ширины элемента также учитывалась точность восстановления энергии нейтрино, проблемы распутывания треков в условиях большой загрузки и возможность изготовления конструкции.

Сборка из 256 элементов обеспечивает требуемый размер плоскости — 3584 мм. Однако из-за затухания света в спинтилляторе (длина затухания $\lambda \simeq 1,4$ м) количество элементов в плоскости увеличено вдвое, а длина каждого элемента, соответственно, вдвое уменьшена.

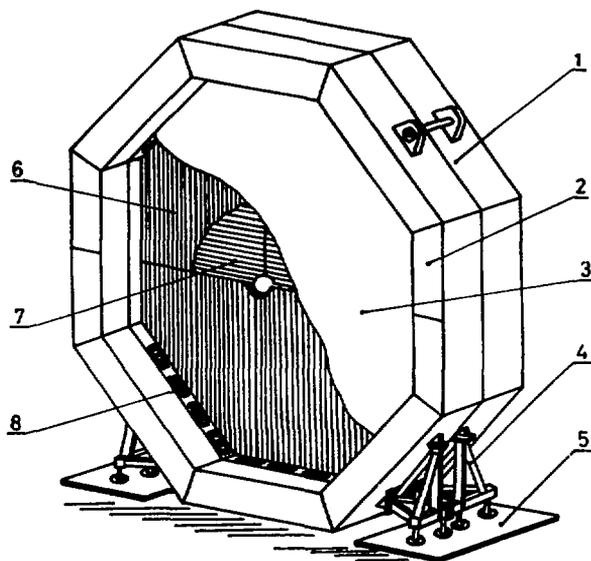
2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Оптимальная установка для регистрации продуктов распада бесспиновых частиц "на лету", в силу отсутствия выделенного направления в плоскости, перпендикулярна оси пучка, должна быть симметричной относительно этой оси. И, следовательно, оптимальная форма для спинтилляционных годоскопов — круг. Однако по технологическим соображениям годоскопы сделаны в форме правильных восьмиугольников. Обе плоскости в виде полностью идентичных, независимых конструкций, и только узлы крепления подставок расположены на разных гранях. Удобство такой формы заключается ещё и в том, что только перестановкой подставок можно получить ориентацию плоскостей $X(0^\circ)$, $Y(90^\circ)$, $U(+45^\circ)$, $V(-45^\circ)$. В нашем случае все годоскопы идентичны и образованы из плоскостей X и Y . Общий вид годоскопа показан на рис.2.

Для уменьшения поперечных габаритов годоскопа световоды, передающие свет из спинтиллятора к ФЭУ, изогнуты на 90° . Это позволило не увеличивать габариты рамы сверх необходимого для обеспечения жесткости конструкции размера.

В годоскопах используется ФЭУ-84-3 с диаметром колбы 35 мм, что больше ширины элемента. Поэтому ФЭУ размещены в несколько рядов, как показано на рис.3. Изогнутый на 90° световод позволяет реализовать такое решение.

Рис. 2. Общий вид годоскопа. 1 — рама; 2 — светозащитный кожух; 3 — штора; 4 — подставка; 5 — лист стальной; 6 — сцинтилляторы X-плоскости; 7 — сцинтилляторы Y-плоскости; 8 — электроника светодиодной системы.

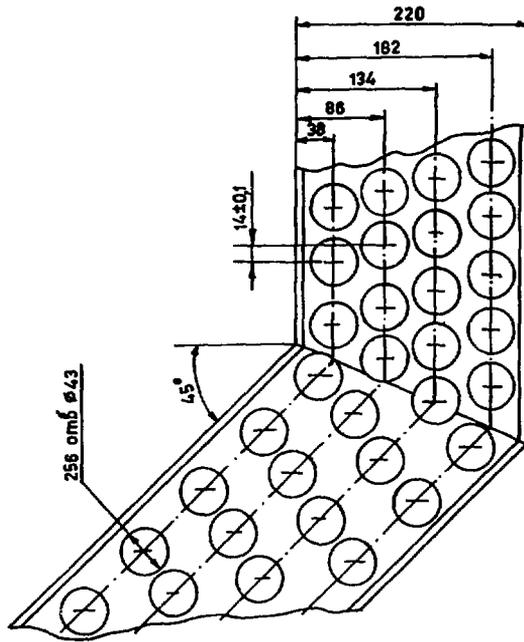


Для экранирования от магнитных полей ФЭУ помещен в стакан из магнитомягкой стали. ФЭУ в стакане размещается так, что стакан выступает за плоскость фотокатода на 60 мм ($\approx 2d$). В целях упрощения конструкции оптический контакт между ФЭУ и световодом не предусмотрен. ФЭУ просто вдвигается в стакан до соприкосновения с торцом световода и фиксируется в таком положении пластмассовым разрезным пружинистым конусообразным вкладышем. Расположение ФЭУ в стакане показано на рис.3в.

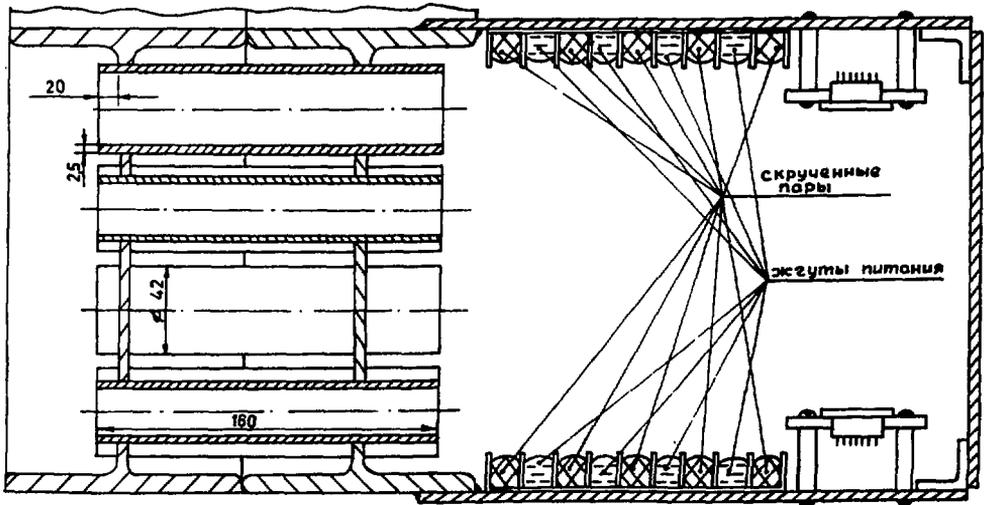
Расстояние между сцинтилляторами двух плоскостей в годоскопе 30 мм.

Сцинтиллятор крепится на раме в нескольких точках. Каждый элемент зафиксирован в стакане с помощью пробки из поролона и непрозрачного силиконового каучука (см. рис.3в). Упругая пробка позволяет избежать разрушения сцинтилляторов при деформациях рамы во время выполнения монтажных работ. Расчетная величина прогиба балки в рабочем положении около 1 мм.

От смещений в плоскости рамы элементы удерживаются двумя стальными планками, поджимающими с боку крайние элементы. Для устранения смещения в направлении перпендикулярном к плоскости рамы, световоды поджимаются к закрепленному на раме уголку, а сцинтилляторы крепятся к стальным тросам, разнесенным на 300 мм от оси пучка.



а)



б)

Рис. 3. Расположение ФЭУ в годоскопе. а, б — расположение стаканов в раме.

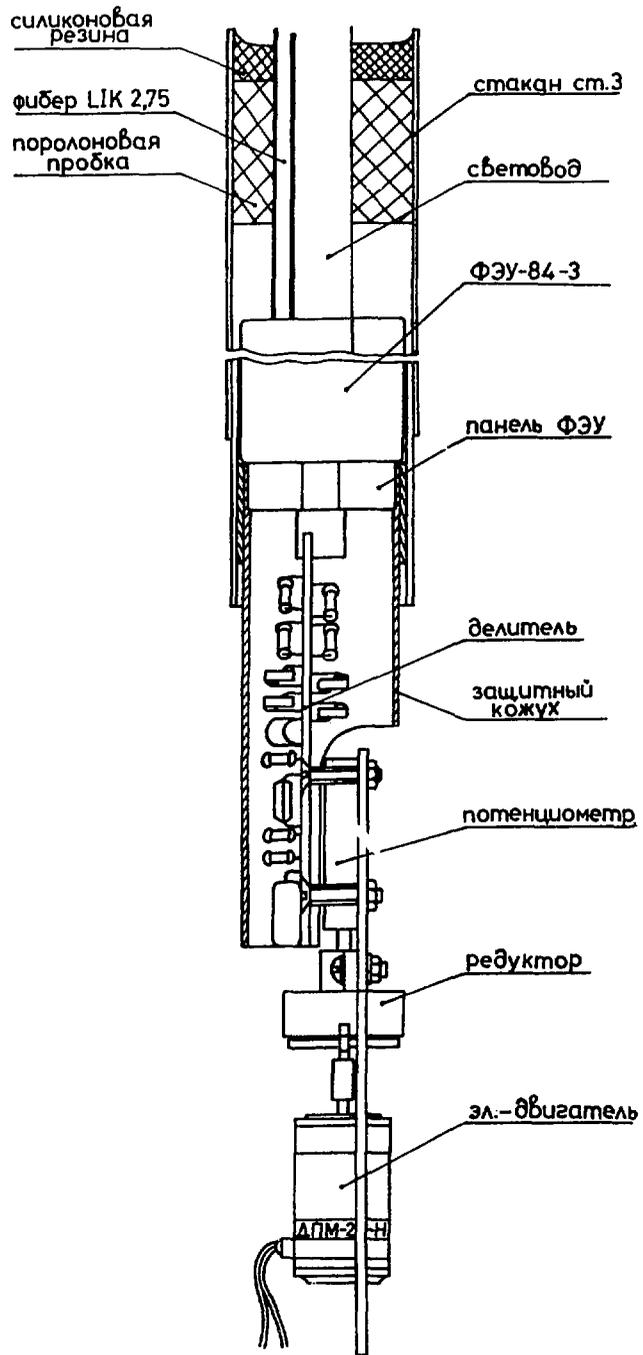


Рис.3. в - Расположение ФЭУ в стакане.

Элементы объединяются в пакеты по восемь и в таком положении фиксируются липкой лентой. Два центральных пакета в каждой полуплоскости сделаны съёмными.

Светоизоляция для всей плоскости сделана из слоя черной бумаги и черной поливинилхлоридной пленки. Сама рама закрыта светонепроницаемым кожухом, внутри которого размещены ФЭУ с делителями и внутренние коммуникации (см. рис.36). Ввод питания и вывод сигналов выполнен через разъёмы. В пространстве между шторой и сцинтилляционной плоскостью размещены платы электроники и коммуникации светодиодной системы.

3. СЦИНТИЛЛЯТОР

Плоскость годоскопа набрана из 512 сцинтилляционных палочек с поперечным сечением 12×14 мм и длиной $L = 2100 - 1150$ мм. К сцинтилляторам приклеены световоды, изогнутые на 90° . Длина световодов 180 мм. Каждая палочка обернута алюминиевой фольгой толщиной 25 мкм.

Сцинтилляционные палочки изготавливались из пластин сцинтиллятора толщиной 12 мм и поперечными размерами 1×2 м². Состав сцинтилляционного материала: полиметилметакрилат +3%-ный нафталин +1%-ный PPO + 0,01%-ный POPOP. Световыход составляет $\sim 30\%$ от NE110. Время высвечивания 4,5 нс.

Сцинтиллятор обрабатывался на полуавтоматах классическими методами: резка, шлифовка, полировка. Исследованные нами другие способы обработки^{/4/} — резка нагретой проволокой, лазером — не дали необходимого качества поверхности.

Все сцинтилляторы были подвергнуты температурной обработке для устранения внутренних механических напряжений. При этой процедуре сцинтиллятор выдерживается 12 часов при температуре 85° С.

После изготовления качество каждой палочки контролировалось по величине интегрального тока ФЭУ при облучении дальнего конца сцинтиллятора β -источником. Палочка считалась хорошего качества, если величина тока превышала заданный порог. Величина порога соответствовала одиннадцати фотоэлектронам. Не прошедшие по этому критерию элементы обрабатывались еще раз или отбраковывались.

Количество фотоэлектронов, регистрируемых ФЭУ-84-3, при прохождении минимально ионизирующей частицы на расстоянии 1700 мм от ФЭУ составляет 11 — 12. Длина затухания света в палочках измерена токовым методом и составляет $\simeq 1,4$ м.

4. РАМА

Плоскость годоскопа представляет собой правильный восьмиугольник 4086 * 4086 мм, состоящий из двух рам, соединенных 16 болтами.

Рама сварена из 5 секторов. Сектор рамы — это две балки двутаврового сечения, сваренные друг с другом. Для обеспечения заданной точности изготовления опорные плоскости секторов обрабатывались, сварка рамы производилась в специально сконструированной оправке, конструкция после изготовления отжигалась.

Для обеспечения необходимой точности расположения стаканов под ФЭУ обработка отверстий под них производилась на станке с ЧПУ.

Рама снабжена проушинами для скрепления плоскостей и кронштейнами под подставку. Положение этих элементов на рамах задается требуемой ориентацией сцинтиллятора в годоскопе.

Плоскости годоскопа устанавливаются на подставках, позволяющих производить юстировку по вертикали.

5. ВНУТРЕННИЕ КОММУНИКАЦИИ

С точки зрения электрических коммуникаций каждая плоскость годоскопа образована из четырех независимых детекторов, т.е. каждый квадрант годоскопа имеет независимый ввод питания: высоковольтного, подпитки и низковольтного.

Из точек ввода питание разводится индивидуальными проводами на 16 колодок, и затем шлейфом по 8 разъемам, закрепленным на колодке. Каждому ФЭУ соответствует свой разъем на одной из колодок и своя скрученная пара для вывода сигнала от компаратора, смонтированного в делителе, до разъема на передней панели квадранта. Передняя панель годоскопа показана на рис.4.

В каждый квадрант также вводится через разъемы низковольтное питание +5 В, -5 В и сигналы управления светодиодной системы.

Вывод сигналов 128 ФЭУ осуществляется через 8 разъемов 2РМ30БПН32Г1В1.

С обратной стороны на передней панели закреплен блок конденсаторов для шунтирования индуктивности проводов, подводящих питание к компараторам.

Для обеспечения устойчивой работы компараторов разводка проводов питания и скрученных пар выполнена в экранах, смонтированных внутри

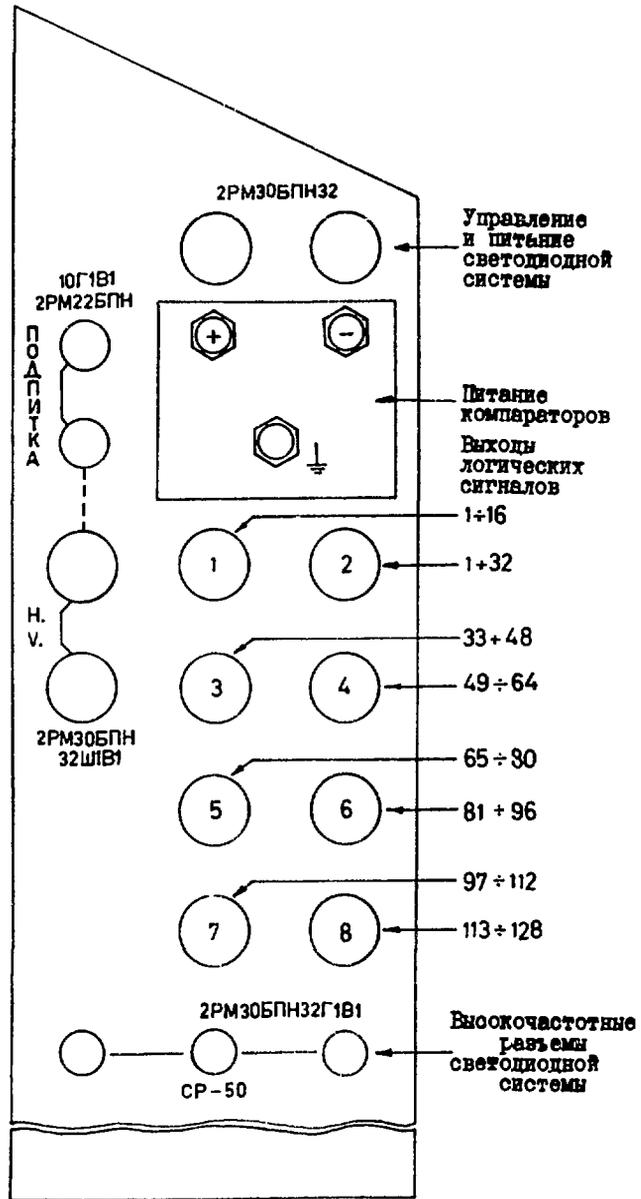


Рис. 4. Передняя панель годоскопа.

кожуха. Существенным моментом является разделение входных и выходных цепей. Схема расположения экранов внутри кожуха и раскладки проводов в экранах показана на рис.36. Из-за сложности обеспечения устойчивой работы компараторов от более простого и менее трудоемкого варианта разводки проводов в одном общем жгуте пришлось отказаться.

6. ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЮСТИРОВКА

Точность изготовления каждого элемента $13,9 \pm 0,1$ мм. После упаковки в алюминиевую фольгу ширина элемента становится 14 мм. Из-за неточностей изготовления размер собранных в полуплоскость 256 элементов отличается от расчетного $256 * 14 = 3584$ мм. После установки годоскопов произведены замеры полуплоскостей во всех годоскопах. Отклонения реальных размеров от расчетных приведены в таблице.

Таблица

| Годоскоп | Н1 | Н2 | Н3 | Н4 | |
|----------|-------|-------|------|------|-------|
| Х | верх | -12.5 | -0.5 | 5.5 | 1.0 |
| | низ | -11.5 | 0.0 | 7.0 | 0.0 |
| У | лево | -0.5 | 12.5 | -7.0 | -16.5 |
| | право | 0.0 | 13.5 | -4.5 | -11.0 |

Средний размер элемента в разных годоскопах изменяется таким образом в диапазоне 13.94 – 14.05 мм, что соответствует заданной точности изготовления.

Осями координатной системы годоскопа являются линии раздела 128-го и 129-го элементов в X– и Y–плоскостях. Целью юстировки является установка годоскопов в заданное положение вдоль оси пучка и совмещение этих линий с осями координат установки.

Юстировка годоскопов производилась по следующей схеме. Первоначально годоскопы были установлены в заданные положения с помощью крана. Точность установки в направлении, перпендикулярном пучку, составила несколько сантиметров, в направлении вдоль пучка максимальное отклонение от расчетного положения около 10 см. Под "ноги" годоскопов

подложены стальные листы 1200 * 500 * 12 мм. Затем с помощью домкрата и рычагов годоскопы были установлены в расчетные положения вдоль оси пучка, при этом обеспечена параллельность плоскостей годоскопов с точностью лучше 0.3 мрад и произведены замеры координат центров годоскопов. По результатам замеров вычислена расчетная высота центра каждого годоскопа относительно реперных геодезических отметок и замерено их фактическое положение. В расчетное положение по высоте годоскопы выставлялись с помощью регулировочных винтов подставок. По горизонтали установка в расчетное положение осуществлялась домкратом. Вся процедура была проведена в несколько итераций. Отклонение осей X от горизонтального положения контролировалось путем измерения высот двух меток, нанесенных на каждую ось вблизи её концов, и составило не более 0.3 мрад. Вертикальность оси Y проверялась по отвесу. В результате обеспечена точность установки годоскопов в плоскости, перпендикулярной пучку, лучше миллиметра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе описана конструкция спинтилляционного годоскопа на 1024 канала. Опыт изготовления и эксплуатации четырех годоскопов подтвердил правильность выбора основных технических решений.

Авторы выражают благодарность С.П. Денисову, В.И. Кочеткову, Р. Ляйсте и руководству ОЭП за поддержку работы; Р.Н. Краснокутскому за участие на начальном этапе работы; группе сотрудников лаборатории высокоточной геодезии под руководством И.А. Журавлева и монтажникам СУИПЭ за работу по юстировке годоскопов: коллективу сотрудничества за участие в обсуждениях.

Список литературы

- [1] Boikov A.A., Denisov S.P., Erokhin A.V. et al. Preprint ИИЕР 80-156. — Serpukhov, 1980.
- [2] Boikov A.A., Denisov S.P., Erokhin A.V. et al. Preprint ИИЕР 80-158. — Serpukhov, 1980.

- [3] Денисов С.П. и др. Препринт ИФВЭ 81-98. — Серпухов, 1981. Денисов С.П. и др. // Материалы рабочего совещания "Физические исследования на УНК ИФВЭ". — Серпухов, 1982. - С. 167-179.
- [4] Bähr J. et al. Preprint PHE 89-48. — Berlin-Zeuthen, 1989.

Рукопись поступила 19 апреля 1991 года

Ю.Бэр и др.

Сцинтилляционный годоскоп на 1024 канала.

Редактор В.В. Герштейн. Технический редактор Л.П. Тимкина.

Корректор Т.Д. Галкина.

Подписано к печати 22.05.1991 г.

Формат 60 × 90/16.

Офсетная печать. Печ.л. 0.75. Уч.-изд.л. 0.78. Тираж 260. Заказ 323.

Индекс 3649.

Цена 12 коп.

Институт физики высоких энергий, 142284, Протвино Московской обл.

12 коп.

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 91-61, ИФВЭ, 1991
