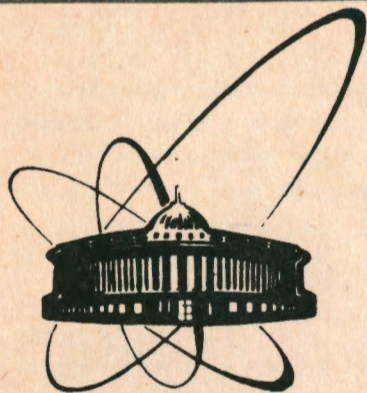


92-91



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P13-92-91

В.Д.Аксиненко, Г.Л.Варденга, Н.С.Глаголева,
Ю.В.Гусаков, Е.А.Дементьев, Н.И.Каминский,
Э.В.Козубский, А.А.Кузнецов, Б.А.Кулаков,
Ю.Лукстиньш, О.Ю.Мандрик, Е.А.Матюшевский,
А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин, С.В.Мухин,
Э.А.Николаевская, Н.Н.Нургожин*, О.В.Охрименко,
В.Б.Радоманов, С.А.Рожнятовская, И.С.Саитов,
Е.К.Хусаинов*

СТРИМЕРНАЯ КАМЕРА
МАГНИТНОГО СПЕКТРОМЕТРА ГИБС

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

*Институт физики высоких энергий АН КазССР, Алма-Ата

1992

Стримерная камера
магнитного спектрометра ГИБС

Описывается стримерная камера магнитного спектрометра ГИБС, созданная на базе двухметровой камеры СКМ-200. Обсуждаются особенности конструкции камеры и технологии ее изготовления. Особое внимание уделено вопросам установки камеры в межполюсном зазоре электромагнита и ее стыковки с генератором высоковольтных импульсов. Стримерная камера используется на пучках ускоренных ядер синхрофазотрона ОИЯИ.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод авторов

Aksinenko V.D. et al.
Streamer Chamber of the GIBS Magnetic
Spectrometer

P13-92-91

The streamer chamber of the GIBS magnetic spectrometer constructed on the 2m streamer chamber SKM-200 basis is described. The features of the chamber design and construction technology are discussed. Special attention was paid to questions of placing the chamber into the electromagnet gap and also the chamber's matching up with the generator of high voltage pulses. The streamer chamber is used in the beams of accelerated nuclei at the JINR synchrophasotron.

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

При сооружении магнитного спектрометра со стримерной камерой ГИБС, рассчитанного на широкую программу исследований в области релятивистской ядерной и гиперядерной физики на синхрофазотроне ОИЯИ и созданного на базе установки^{/1/} с двухметровой стримерной камерой СКМ-200, необходимо было провести реконструкцию как стримерной камеры, так и электромагнита ИСП41, в магнитном зазоре которого она и расположена.

Реконструкция электромагнита была связана с усилением изоляции обмоток для увеличения его питающего тока, а также с установкой прочного герметичного конуса в шахте ярма и полюсного наконечника, обеспечивающего совместно с достаточно прочным и герметичным кожухом камеры возможность ее работы в диапазоне давлений от 0 до 0,5МПа. При этом ярмо магнита включается в силовую схему компенсации давления в камере.

В отличие от установки СКМ-200, где генератор высоковольтных импульсов был расположен на продольной оси стримерной камеры, в спектрометре ГИБС для размещения других детекторов за камерой генератор сдвинут в сторону так, что угол между продольными осями камеры и генератора составляет 45° (рис.1).

Реконструкция камеры проводилась на основе требований, обеспечивающих улучшение ее точностных и эксплуатационных характеристик с целью создания прецизионной стримерной камеры с регулируемым давлением рабочего газа для работы на "Нуклотроне"^{/2/}.

Учитывая многолетний опыт работы установки СКМ-200 для спектрометра ГИБС предусмотрена возможность создания, в зависимости от конкретной физической программы исследований, нескольких камер-модулей в разных модификациях с сохранением полной их взаимозаменяемости при размещении в кожухе, установленном в зазоре магнита.

Поэтому при разработке модуля камеры учитывались следующие основные требования: возможность применения трех- или четырехэлектродной^{/3/} камер, исключение провисания или обрыва отдельных проволок электродов при длительной эксплуатации, обеспечение равномерности электрического поля в отсеках, улучшение электрической прочности по поверхности стенок камеры, максимальное сокращение светопотерь и отражений при фотографировании, а также расширение диапазона допускаемых перепадов давления при газообеспечении камеры с перспективой работы как со строго фиксированным, так и регулируемым давлением рабочего газа.

Конфигурация и основные размеры камеры приведены на рис.2. Она выполняется из небольшого набора стандартизованных элементов, допускающих раз-

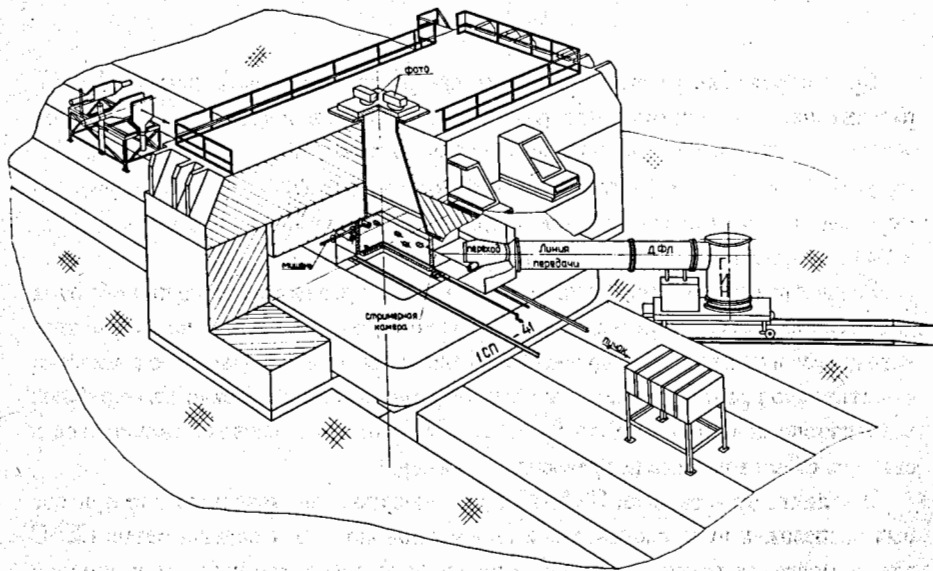


Рис.1. Экспериментальная установка со стримерной камерой.

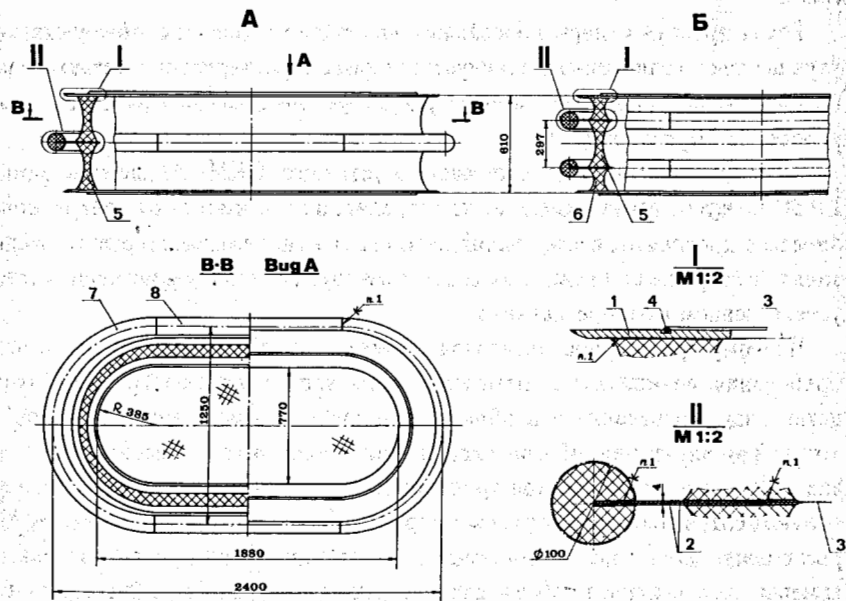


Рис.2. Стримерная камера: 1,2-электроды; 3-сетка; 4-герметизирующая прокладка; 5,6-секции-стенки; 7,8-противокоронные элементы (окантовка). А-трехэлектродная, Б-четырёхэлектродная камеры.

различные варианты сборки как по числу элементов, так и по способу их крепления (клей, упругие уплотнения, герметик). В качестве электродов внутри объема камеры использована черненая сетка из нержавеющей стали с ячейкой $(455 \times 455) \mu\text{м}^2$ и диаметром проволоки 50 $\mu\text{м}$, которая вклеена между металлическими рамами (высоковольтный электрод) или металлической рамой и стенкой-секцией камеры (земляной электрод). При этом обеспечивается эквидистантность электродов, исключаются электрическая корона и световые блики на проволоках даже при повышенном напряжении питания камеры, а прозрачность электродов остается достаточно высокой—80%.

Для изготовления требуемого набора секций-стенок корпуса камеры были разработаны две специальные формы, в которые во ВНИИСС (г. Владимир) заливался жидкий пенополиуретан типа ППУ-315 для получения интегральной структуры (мелкопористая сердцевина и уплотненная стенка). Такая технология обеспечила существенное увеличение механической прочности и герметичности стенок при сравнительно небольшом количестве вещества ($\rho_{\text{ср}} = 0.3 \text{ г/см}^3$), а также значительное улучшение электрической прочности по поверхности стенок за счет "X"-образной формы их поперечного сечения, созданной с помощью специальных вкладных элементов при заливке пенополиуретана. Кроме того, большая площадь приэлектродных областей стенок способствует повышению прочности и герметичности клеевого шва.

Для сборки и склейки сетчатых электродов, а также самого корпуса камеры было разработано специальное приспособление: монтажный стол с подъемником-кантователем секции (рис.3), с помощью которого обеспечивалось выполнение всех технологических операций (точность сборки, натяжение сетки, склейка, в том числе и эпоксидным клеем). Склеиваемые элементы прижимались к плите стола второй плитой, которая опускалась сверху.

Представляет несомненный интерес разборный вариант корпуса камеры, что также предусмотрено его конструкцией. При этом все сетки вклеиваются между рамами электродов, а достаточную жесткость высоковольтных электродов обеспечивают противокоронные элементы, закрепленные по периметру (окантовка). Выполнение этих элементов осуществлено также с помощью заливки жидкого пенополиуретана типа ППУ-315 в соответствующие формы параллельно с изготовлением секций камеры с последующим нанесением на поверхность элементов слоя электропроводящего материала (токопроводящей краски). Таким путем создается набор требуемых электродов и секций-стенок, в которых выполнена необходимая для данного эксперимента доработка (окна для пучка, мишеней и др.), а сборка всего модуля осуществляется просто с помощью вакуумной или другой подходящей замазки.

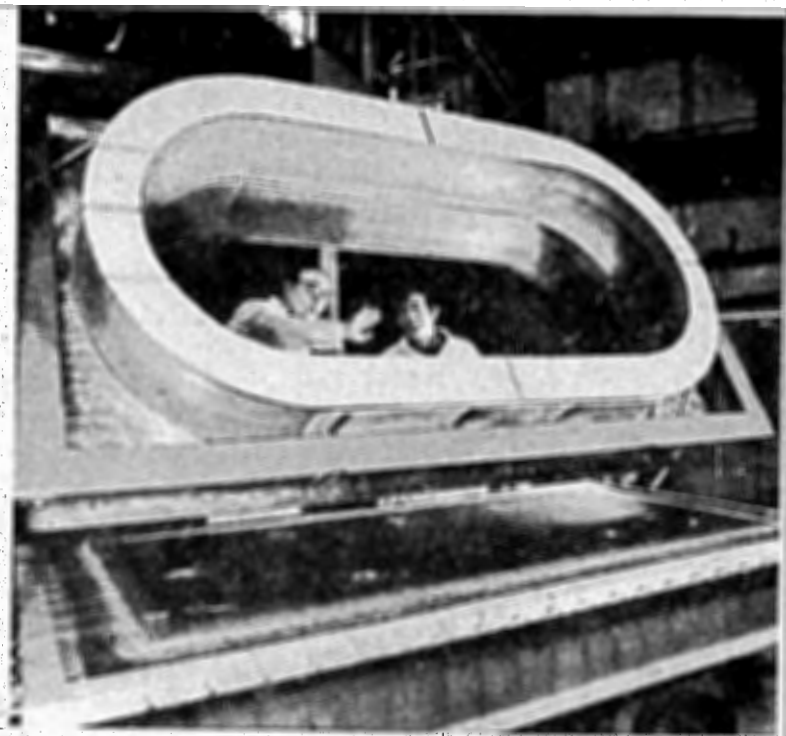


Рис.3. Фотография модуля стримерной камеры во время сборки с двумя вклеенными сетчатыми электродами.

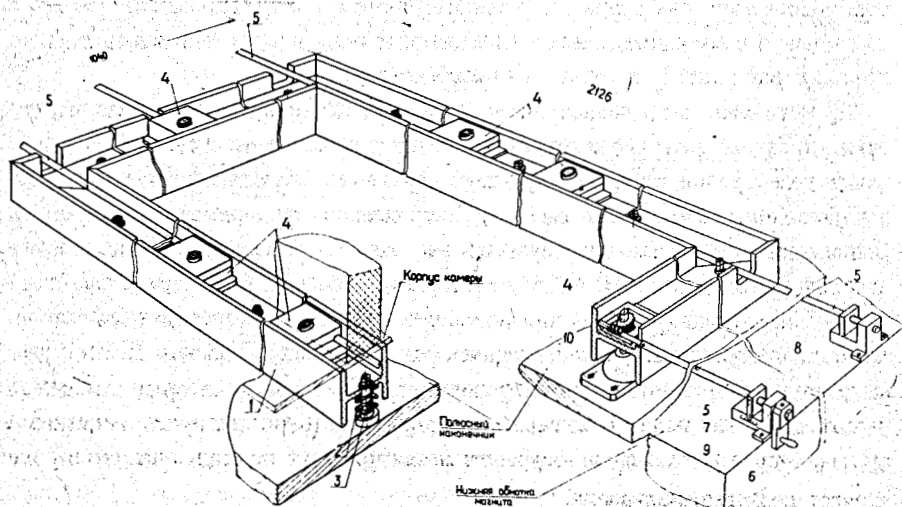


Рис.4. Эскиз прижимного устройства стримерной камеры.

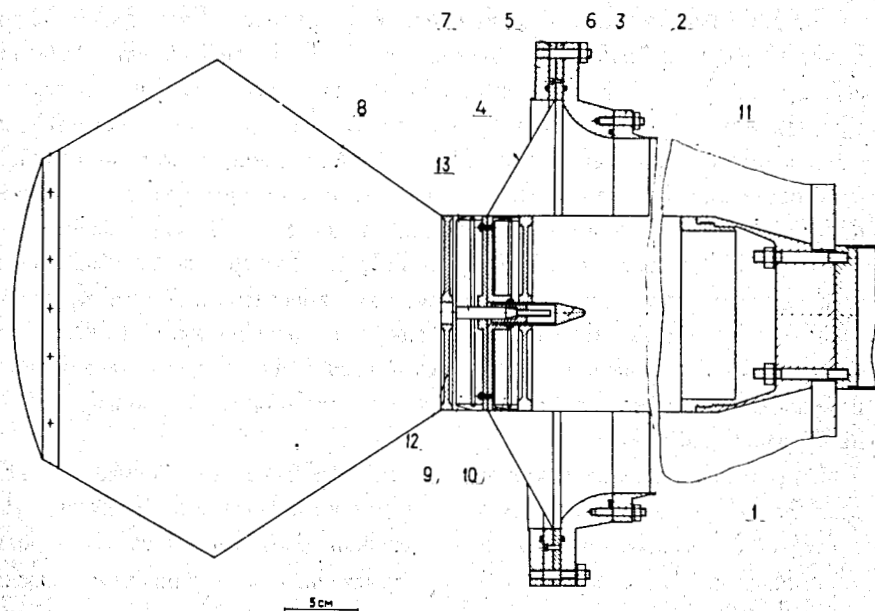


Рис.5. Эскиз стыковочного узла.

В соответствии с новой геометрией размещения установки в стенках камеры были сделаны окна, центр которых находился на высоте 70 мм над средним электродом. Пучок ускоренных частиц пропусклся через входное и выходное окна, сдвинутые лавсановой пленкой толщиной 50 мкм. Выходное окно было смещено в сторону от линии передачи (рис.1), то есть в сторону отклонения магнитом первичного пучка частиц, его центр находился на расстоянии 70 мм от продольной оси камеры. Центр входного окна был смещен на 25 мм от продольной оси в противоположную сторону. Окно для введения сменных, в том числе металлических, мишеней было расположено на расстоянии 570 мм от передней стенки камеры. При использовании корпуса камеры от установки СКМ-200 выполнение всех окон было одинаковым: два капролоновых герметично соединенных фланца-кольца, внешний диаметр которых-150 мм, внутренний-125 мм, причем один фланец герметично вклеен в стенку камеры. Затем в новой камере размеры входного и выходного окон были увеличены с целью удобства настройки триггера, а также сокращения количества вещества на пути частиц. Однако следует отметить, что у окон внутри объема камеры возникают пробое, особенно на входе и выходе пучка частиц. Интенсивность пробоев при увеличении размеров окон возросла. Ситуация несколько улучшилась, когда вместо лавсановой пленки было установлено тонкое (1 мм) оргстекло. Газовый объем новой камеры за счет скругления углов несколько сократился и составляет 950 литров.

Высоковольтный импульс, формируемый генератором^{4/} импульсных напряжений (ГИН) и двойной формирующей линией (ДФЛ), через линию передачи и согласующее устройство (переход) поступает на электродную систему камеры. Средний электрод спереди и позади камеры выполнен из дюралюминиевого листа в форме полукруга диаметром 125 мм с установленными по периметру противокоронными элементами. Электродная система камеры представляет собой отрезок симметричной полосковой линии, в качестве согласующей нагрузки которой (36 Ом) служат резисторы типа ТВО-60. Для проведения первой серии экспериментов (ядро-ядерные взаимодействия, гиперядерная физика) модуль камеры был установлен в экранирующем кожухе из дюралюминиевого листа, подкрепленном снизу дюралюминиевой плитой толщиной 12 мм, снабженной направляющими с роликами, и помещен в межполюсном зазоре электромагнита 1СП41 на направляющих рельсах.

В рабочем положении кожух вместе с модулем камеры прижимается к нижнему фланцу герметичного конуса, установленного в магните. Прижим осуществляется с помощью подпружиненной сварной рамы (рис.4) из двутавровых алюминиевых балок-1 (86мм x 95мм), расположенных между нижним полюсным наконечником и плитой экранирующего кожуха по периметру стенок корпуса стримерной камеры так, что плита с реперными крестами, закрепленная на нижнем полюсном наконечнике, оказывается внутри рамы. Пружины-2 (от механизма газораспределения автомобиля ВАЗ) с подпятниками-3 установлены равномерно по периметру рамы (24 шт.). Поверх рамы в габаритах полости балки расположены шесть домкратов-4, валы-5 червячных передач (1:50) которых выведены за пределы обмоток магнита и соединены с рукоятками-6. С помощью стрелки-7, закрепленной на гайке-8, и шкалы, нанесенной на опору-9, можно отсчитывать величину смещения вниз домкратов, а, следовательно, и рамы, так как бобышка-10, в которую вворачивается ходовой винт домкрата, прикреплена к полюсному наконечнику магнита. Вращение ходового винта осуществляется рукояткой-6, передающей вращение от червяка с валом-5 на червячное колесо, закрепленное на винте.

В нижнем положении рамы, когда она домкратами притянута к полюсному наконечнику, кожух с камерой опускается приблизительно на 8 мм, становится на рельсы и его можно легко выкатить из магнита. В верхнем, рабочем положении домкраты отпущены и пружины обеспечивают равномерное усилие прижима (300 кг) по всему периметру стенок корпуса камеры, а также его сохранение при значительных колебаниях (≈ 1.5 мм) межполюсного зазора, когда магнит включается или выключается. Усилие прижима задается с помощью определенного количества пружин и набора шайб, надеваемых на шток подпятника между пружинами и полкой балки, и может достигать 2000 кг.

Устройство прижима камеры обеспечивает сохранение целостности и герметичности корпуса камеры при значительных перепадах давления, возникающих во время заполнения ее неонам, а также создает возможность удаления лавсановой пленки, через которую фотографируется чувствительный объем. Клеевые швы камеры работают в благоприятных условиях, так как прижим компенсирует силы, вызывающие отрыв электродов.

Подключение генератора к камере осуществляется с помощью узла стыковки, эскиз которого приведен на рис.5. Коаксиальная линия передачи импульса содержит два электрода: внутренний $d=274$ мм (высоковольтный)-1 и внешний 500 мм (земляной), фланец-2 которого через переходные фланцы-3,5,6 стыкуется с фланцем-7 экранирующего кожуха стримерной камеры. В цилиндрической части перехода, соединенного со средним электродом камеры, расположен фланец-12 с ловителем-13, которые через переходные фланцы-9,10 стыкуются с высоковольтным электродом. Между фланцами-5,6 и 9,10 установлена резиновая мембрана-4, отделяющая полость линии передачи, куда добавляется газ для исключения короны от полости экранирующего кожуха, сообщаемого с атмосферой. Фланцы-9,10 представляют собой чашку и стакан с герметизированным ловителем-11, и совместно с фланцами-5,6, резиной-4 образуют отдельный мембранный узел, который может быть легко заменен запасным в случае выхода из строя мембраны во время сеанса.

Описанный стыковочный узел является, по существу, коаксиальным разъемным герметичным соединителем, а также согласующим устройством коаксиальной линии передачи и электродной системы камеры. Для отстыковки линии передачи требуется отвернуть гайки по периметру фланца-3. Мембранный узел остается на месте. При стыковке генератора ловитель-13 входит в соответствующее гнездо фланца внутреннего электрода и направляет его чашку в стакан-10. Этот узел существенно облегчает и ускоряет стыковку генератора с камерой. В процессе работы возникает необходимость замены генератора, тогда линия передачи импульса со стыковочным узлом остается на месте, а расстыковка производится по фланцу генератора. При этом внутренний электрод линии передачи сначала сходит с ловителя-13, а затем снимается с фланца генератора.

В целом описанная схема размещения камеры и генератора (рис.1), включая стыковочный узел, обеспечила хорошие условия для работы других детекторов — воны спереди и позади камеры совершенно свободны. Однако при передаче высоковольтного импульса возникали отражения, приводящие к существенной неравномерности в распределении яркости треков, в основном, по половинкам камеры относительно продольной оси. Неравномерность была значительно уменьшена установкой дополнительных резисторов, шунтирующих зазоры камеры в местах повышенной яркости треков. Полностью этот эффект устранить не удалось, так

как при значительном шунтировании (300 Ом) зазора, которое требовалось, возникали боковые пробой по стенке камеры внутри рабочего объема. Симметричное расположение описанного выше стыковочного узла по оси камеры полностью устраняло неравномерность треков, но он, к сожалению, оказывался в пучке частиц. Поэтому позднее при установке нового модуля камеры схема размещения генератора была несколько изменена: угол 45 сохранен, но генератор и линия передачи вместе со стыковочным узлом смещены параллельно на 580 мм так, что стыковочный узел оказался ближе к продольной оси камеры.

На рис.6 приведена схема размещения камеры в зазоре магнита (впд сверху, сечение—на уровне склейки корпуса камеры с верхним ее электродом), где пун-

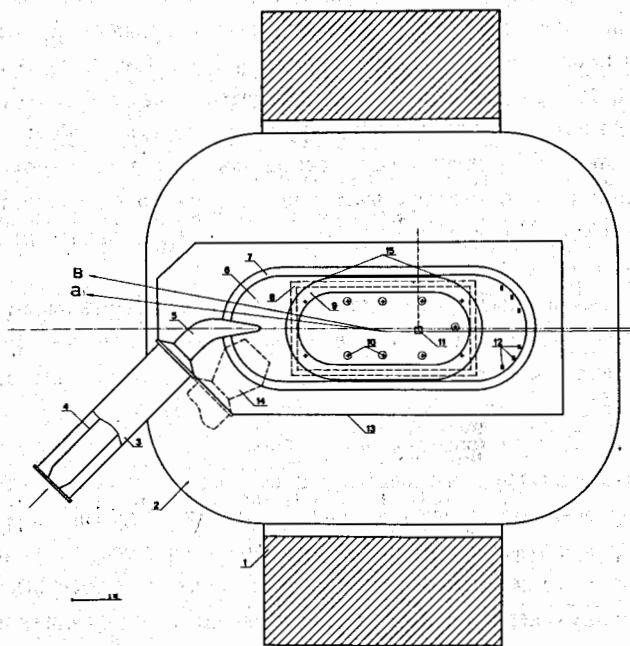


Рис.6. Схема размещения стримерной камеры в зазоре электромагнита 1СП41:1—ядро; 2—обмотка магнита; 3—двойная формирующая линия (ДФЛ); 4—ее внутренний электрод; 5—согласующее устройство (переход); 6—средний (высоковольтный) электрод камеры; 7—его окантовка; 8,9—корпуса старой и новой камер; 10—реперные кресты; 11—внутренняя мишень; 12—согласующие резисторы; 13—экранирующий кожух; 14—первоначальный вариант подключения; 15—зона установки дополнительных резисторов в первоначальном варианте.

ктиром обозначены первоначальный вариант подключения высоковольтного генератора к камере, а также корпус камеры от установки СКМ-200.

Конструкция согласующего устройства (перехода) была также изменена: он представляет собой изогнутый, постепенно сужающийся к электроду камеры конус, закрепленный на его продольной оси. При этом зона отклоненного магнитом пучка ускоренных частиц (а,в) осталась свободной от элементов конструкции, а неравномерность яркости, связанная с передачей высоковольтного импульса была, практически, устранена.

Наполнение стримерной камеры рабочим газом производилось с помощью системы, описанной в работе^{15/}, по схеме непрерывного продува^{16/} объема камеры чистым неоном. Для контроля времени памяти были разработаны специальные малогабаритные газоразрядные датчики^{17/}, установленные непосредственно в стенках корпуса камеры.

На протяжении ряда лет до настоящего времени камера успешно эксплуатировалась на синхрофазотроне ОИЯИ при атмосферном давлении рабочего газа (неона). Результаты экспериментов докладывались на конференциях и опубликованы в ряде работ, например /8,9/. В качестве примера на рис.7 приведена фотография С+С—взаимодействия, где хорошо различим контейнер с мишенью (углеродная пластина) внутри объема стримерной камеры.

Авторы выражают благодарность руководителям экспериментальных мастерских ЛВЭ Б.К.Курятникову, Ю.И. Тятюшкину за изготовление основных деталей и узлов при разработке камеры; Н.Н.Графову, В.П.Садилову за активное участие при изготовлении и наладке всех узлов; Ю.Н.Волкову, П.М.Никитюку

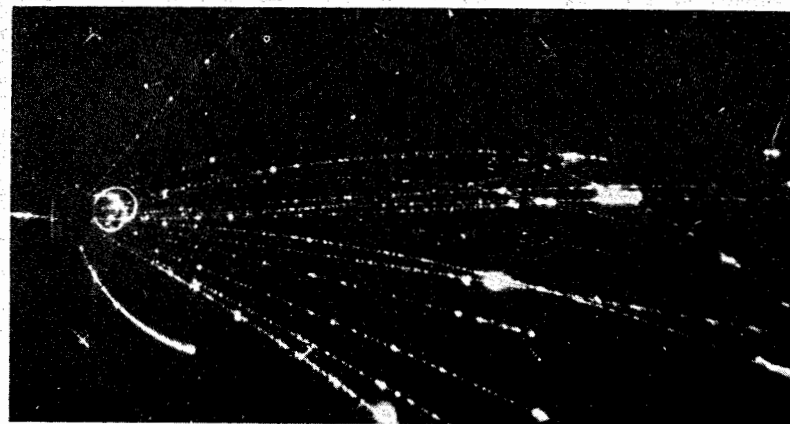


Рис.7. Фотография С+С взаимодействия при энергии ≈ 3.7 ГэВ/нуклон.

и В.Н.Ряховскому за помощь в монтаже отдельных узлов установки; а также сотрудникам ВНИИСС Л.И. Покровскому, О.Н.Кузьминой, Э.В.Лебедевой, В.К.Толстову и другим, оказавшим содействие в изготовлении корпуса камеры.

Литература

1. А.У.Абдурахимов, М.Х.Аникина, А.М.Балдин и др. ПТЭ, №5, 1978, 53.
2. А.Д.Кирилов, И.Н.Семенюшкин. В сб.: Нуклотрон и релятивистская ядерная физика, сообщение ОИЯИ, N 8309, Дубна, 1974.
3. В.Д.Волюдин, Н.С.Глаголева, Н.И.Каминский и др. ПТЭ, №3, 1978, 66.
4. В.Д.Аксиненко, Е.А.Дементьев, Н.И.Каминский и др. ПТЭ, 1989, №2, 120.
5. В.М.Белякин, С.М.Биттибаев, Ю.П.Мальков и др. Сообщение ОИЯИ, 13-7878, Дубна, 1974.
6. А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин, Ж.Ж.Мусульманбеков, Н.Н.Нургожин. ПТЭ, №1, 1977, 35.
7. А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин, С.А.Рожнятовская. А.с. N 1620925, ОИПТЗ, 1991, №2, с.133.
8. М.Х.Аникина, А.У.Абдурахимов, С.А.Авраменко и др. В сб. Краткие сообщения ОИЯИ, N1(34)-89 Дубна, 1989, с.12.
9. С.А.Авраменко, А.У.Абдурахимов В.Д.Аксиненко и др. Письма в ЖЭТФ, 1988, т.48, с.474.

Рукопись поступила в издательский отдел

4 марта 1992 года.