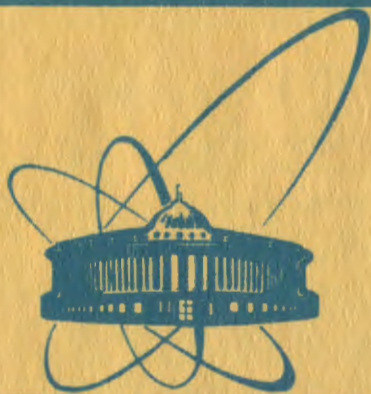


9/vi-80



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

+

2535/2-80

P13-80-88

Ю.Т.Борзунов, Л.С.Вертоградов, В.Н.Виноградов,
Л.Б.Голованов, А.И.Григорьев, А.Майер, А.П.Цвинев,
В.Ф.Чумаков

КРИОГЕННАЯ СИСТЕМА СПЕКТРОМЕТРА РИСК

Жидководородная мишень в стримерной камере

1980

Спектрометр РИСК является универсальной установкой, предназначенной для изучения взаимодействия адронов при высоких энергиях. Первые сеансы работы установки были посвящены изучению взаимодействий отрицательных частиц (π^- , K^- , \bar{p} , \bar{d}) с ядрами /от водорода до свинца/. Планируется проведение экспериментов по изучению реакций с образованием нейтральных частиц (K^0 , Λ^0) и по изучению рождения частиц со скрытым и явным очарованием.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ РИСК

Основной частью спектрометра РИСК является стримерная камера с чувствительным объемом $460 \times 93 \times 80$ см³, помещенная в магнит СП-136. Величина магнитного поля в центре камеры - 13 кГс. В некоторых экспериментах используют две разделенных по газу камеры объемом $153 \times 93 \times 80$ и $293 \times 93 \times 80$. Состав газовой смеси - 50% неона и 50% гелия.

В схеме стримерной камеры применено биполярное расположение электродов /1/. Это значительно облегчает размещение мишеней в центральной плоскости камеры. Напряжение на электроды подается от биполярного генератора импульсов через биполярный формироваель /2/. Импульсы высокого напряжения имеют амплитуду до 400 кВ и длительность 18 нс.

Следы взаимодействия частиц высокой энергии с веществом мишени, расположенной внутри стримерной камеры, отбираются специальными для каждого эксперимента детекторами и регистрируются на фотопленке четырьмя фоторегистраторами, которые могут срабатывать несколько раз во время одного сброса частиц из ускорителя /3/.

При изучении взаимодействия налетающих частиц с ядрами водорода используется жидководородная мишень, введенная внутрь стримерной камеры между электродами. Конструкция камеры позволяет снимать мишень без нарушения герметичности чувствительного объема.

Криогенная часть установки РИСК /рис.1/ состоит из самой мишени /1/, холодильной газовой машины /ХГМ/ /2/, а также систем, обеспечивающих автоматическое заполнение и непрерывное поддержание давления жидкого водорода в мишени.

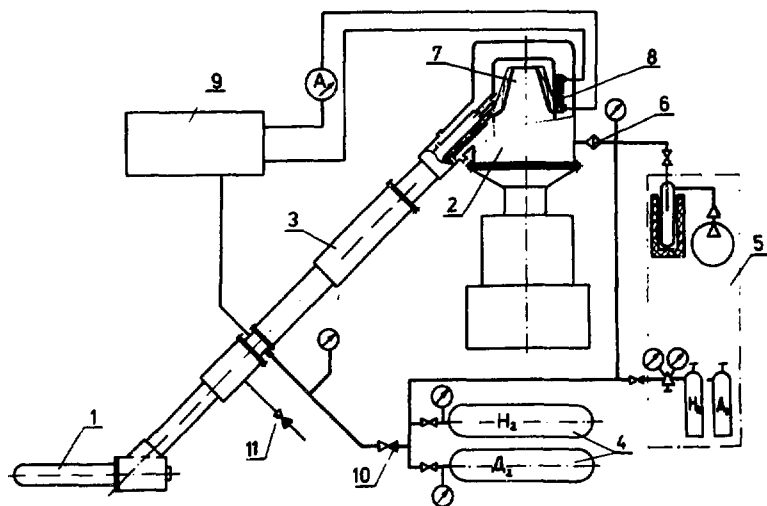


Рис.1. Схема криогенной части спектрометра РИСК: 1 - жидководородная мишень; 2 - холодильно-газовая машина; 3 - криогенный трубопровод; 4 - ресивер; 5 - вспомогательные системы; 6 - фильтр; 7 - головка ХГМ; 8 - нагреватель; 9 - блок системы поддержания давления; 10 - обратный клапан; 11 - предохранительный клапан.

МИШЕНЬ

Главными элементами мишени /рис.2/ являются: внутренний сосуд /1/, в котором находится криогенная жидкость, и вакуумный кожух /2/, защищающий мишень от теплопритока из окружающей среды. Внутренний сосуд состоит из тонкостенной оболочки, изготовленной из лавсановой пленки толщиной 100 мкм и вытеснителя /6/, ограничивающего объем с жидким водородом до размеров мишени с минимальным количеством вещества стенок. Толщина пленки окна вытеснителя /7/ составляет 80 мкм. Съемная часть вакуумного кожуха мишени в зоне чувствительного объема стримерной камеры сделана из пенистого органического материала. На входе пучка вакуумный кожух имеет окно /5/, толщина пленки которого - 100 мкм. Основной отличительной особенностью жидководородной мишени является то, что часть ее, находящаяся в электрическом поле, сделана из диэлектрических материалов: внутренний сосуд изготовлен из лавсана, вакуумный кожух из

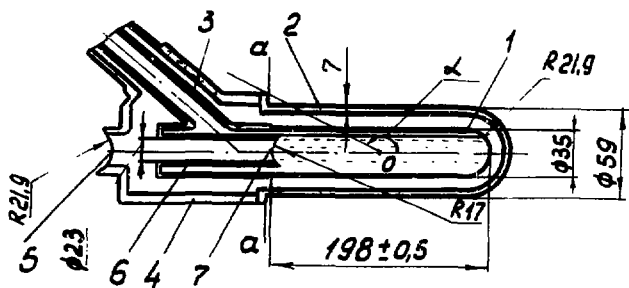
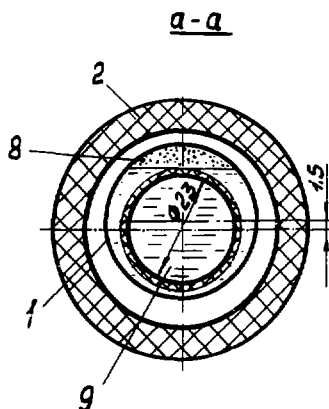


Рис.2. Схема жидководородной мишени для стримерной камеры спектрометра РИСК: 1 - внутренний сосуд; 2 - вакуумный кожух; 3 - горловина внутреннего сосуда; 4 - корпус мишени; 5 - входное окно вакуумного кожуха; 6 - вытеснитель; 7 - окно вытеснителя; 8 - газовое пространство; 9 - рабочий объем: справа от плоскости "а-а" - зона мишени с минимальным количеством вещества стенок, находящаяся в зоне чувствительного объема стримерной камеры. Точка "0" - центр мишени.



пенопласта, горловина внутреннего сосуда /3/ из стеклопластика, а в качестве конструкционного материала, необходимого для соединения элементов мишени, использовался капролон. На рис.3 приведена диаграмма распределения количества вещества /водорода, дейтерия и стенок мишени/ в г/см^2 на пути частиц в зависимости от угла их вылета α . Местом взаимодействия, из которого вылетают частицы, принят условно центр мишени /точка 0/ - рис.2. Количество вещества определялось, как $q = \rho \cdot \delta$, где ρ - плотность / г/см^3 /; δ - толщина слоя вещества / см /. В расчете было принято, что $\rho_{\text{H}_2} = 0,07$; $\rho_{\text{D}_2} = 0,14$; $\rho_{\text{лавсана}} = 1,38$ и $\rho_{\text{пенопл.}} = 0,05$. Количество криогенной жидкости на пути частиц в данной мишени определено с точностью не хуже 1%. Как видно из рис.2, внутренний сосуд не полностью заполнен криогенной жидкостью, в верхней его части имеется газовое пространство /8/. Оно предусмотрено для выхода испарившегося водорода из мишени.

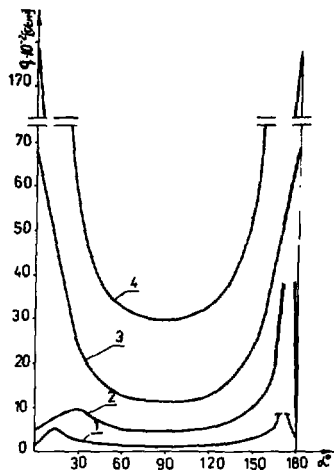


Рис.3. Диаграмма распределения количества вещества /г/см²/ на пути частиц в зависимости от угла их вылета α. 1 - лавсан /полиэтилентерефталат/; 2 - пенопласт /полиметакрил/; 3 - водород; 4 - дейтерий.

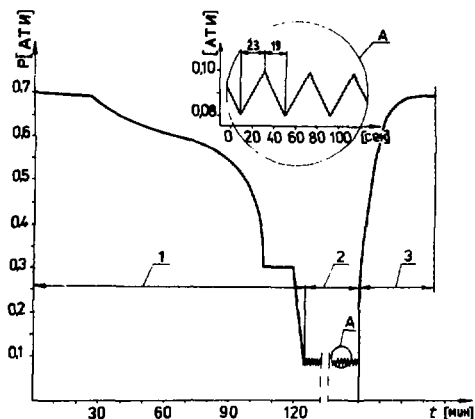
ХАРАКТЕРИСТИКИ МИШЕНИ

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1. Количество жидкого водорода в мишени | - 225 см ³ |
| 2. Длина внутреннего сосуда, заполненного жидким водородом | - /198±0,5/ мм |
| 3. Диаметр рабочей части мишени | - 23 мм |
| 4. Количество водорода по оси мишени | - /1,39±0,01/ г/см ² |
| 5. Количество материала стенок мишени по направлению пучка: | |
| на входе | - 0,024 г/см ² |
| | /лавсана/ |
| на выходе | - 0,013 г/см ² |
| | /лавсана/ |
| | - +0,049 г/см ² |
| | /торгстекла/ |

ИСТОЧНИК ХОЛОДА

Для ожижения водорода /5/ была выбрана холодильная газовая машина типа А-20 (РРН-110) фирмы "Филипс". В качестве рабочего тела для осуществления холодильного цикла в машине используется гелий, среднее рабочее давление которого около 26 ати. Паспортная холодопроизводительность машины 110 Вт. Потребляемая мощность - 15 кВт.

Рис. 4. Изменение давления водорода в системе в зависимости от времени в различные периоды работы установки: 1 - запуск машины, охлаждение установки и заполнение мишени жидкостью; 2 - рабочий режим; 3 - отепление установки после остановки машины. А - цикличность работы системы поддержания давления.



ВОДОРОДНАЯ СИСТЕМА

Работа криогенной установки осуществляется по замкнутой схеме /рис.1/, состоящей из мишени /1/, ХГМ /2/, криогенного трубопровода /3/, ресиверов /4/, вспомогательной системы /5/, блока системы поддержания давления /9/ и коммуникаций, связывающих элементы схемы.

В подготовительный период система заполняется газообразным водородом до давления 0,7 ати. После пуска ХГМ водород из ресивера /4/ через фильтр /6/ поступает в ХГМ, там, предварительно охладившись, оживает на головке /7/ и, стекая по криогенному трубопроводу /3/, заполняет мишень. В рабочий период циркуляция водорода происходит только по криогенному трубопроводу: испарившийся из мишени водород поступает к головке ХГМ на реконденсацию, жидкий водород, стекая в мишень, постоянно ее пополняет. После остановки машины водород, испарившийся из мишени, вновь поступает в ресивер. На рис. 4 показано изменение давления водорода в установке в различные периоды ее работы.

В схеме установки предусмотрены 2 емкости: одна для водорода, другая для дейтерия. Такая схема позволяет, первоначально заполнив систему газом, многократно запускать установку без пополнения, что особенно важно при работе с дейтерием.

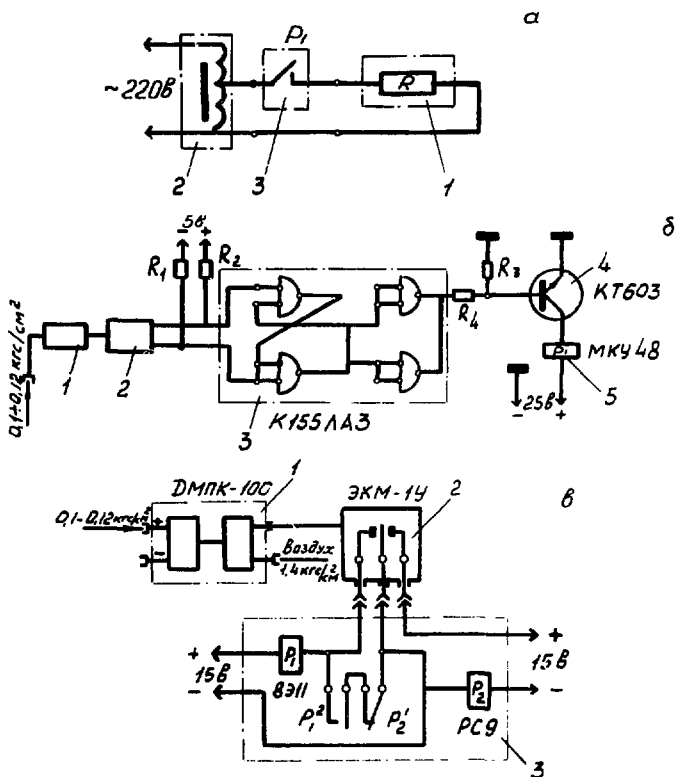


Рис. 5. Блок-схемы системы поддержания давления: а/ силовая часть схемы: 1 - нагреватель; 2 - источник питания; 3 - схема включения нагревателя; б/ регулирующая часть схемы с использованием датчика МС-32: 1 - датчик давления; 2 - аналоговый прибор; 3 - логическая интегральная схема; 4 - транзистор; 5 - реле; в/ регулирующая часть схемы с использованием датчика ДМПК-100: 1 - датчик давления; 2 - электроконтактный манометр; 3 - блок коммутации.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖАНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Для поддержания определенной температуры конденсирующегося водорода /давления водорода в системе/ заводом предусмотрен нагреватель /8/, рис.1, установленный на головке ХГМ. Нагре-

ватель может работать как от датчика температур, так и от датчика давления в системе. В нашей установке используются датчики давления.

Система поддержания давления /рис.5а/ включает в себя нагреватель сопротивлением $R = 40 \text{ Ом}$ /1/, установленный в головке криогенератора, источник питания нагревателя /2/ и схему включения нагревателя /3/ с реле P_1 . Были разработаны две схемы включения: первая /рис.5б/ с использованием датчика давления МС-32 с пределом измерения $0 \div 1,6 \text{ кгс/см}^2$ и максимальным выходным электрическим сигналом 20 мА, и вторая /рис.5в/ - с дифманометром ДМПК-100. В первой схеме пневматический сигнал давления водорода в системе поступает в датчик давления МС-32 /1/, где преобразуется в электрический. Электрический сигнал подается на контактный сигнализирующий аналоговый прибор М1731К /2/, позволяющий устанавливать пределы работы нагревателя. Сигнал с прибора М1731К подается на вход логической интегральной схемы /3/, управляющей реле P_1 , контакты которого включены в цепь нагревателя. Во второй схеме /рис.5в/ пневматический сигнал поступает в датчик /1/ дифманометра ДМПК-100, в котором усиливается и передается на электроконтактный манометр ЭКМ-1У /2/. С ЭКМ-1У сигнал подается на коммутационный блок /3/, который в зависимости от давления в системе через контакты реле P_1 включает или отключает нагреватель.

В диапазоне изменения давления водорода в системе от 0,08 до 0,10 ати при напряжении, подаваемом на нагреватель 56 В, длительность цикла работы нагревателя /рис. 4/ составляет 42 секунды, из них 23 с нагреватель включен и 19 с выключен. Дополнительная мощность, подаваемая в криогенератор нагревателем, составляет 43,5 Вт.

ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ УСТАНОВКИ

В таблице приведены величины параметров работы установки до ее пуска и после выхода в рабочий режим.

ХГМ имеет устройства, предохраняющие ее от поломок. Фирмой предусмотрены блокировки, отключающие машину в 3 случаях: при уменьшении давления масла до нижнего предела, при уменьшении подачи воды до величины $0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ и при перегрузке двигателя, характеризующейся повышением тока в обмотках более чем на 10% от номинального. Перечисленные системы имеют световую и звуковую сигнализации, включающиеся при отклонении параметров от номинальных.

На вакуумном кожухе мишени установлен предохранительный клапан /11/ /рис.1/, защищающий внутренний сосуд и кожух от разрушения.

Таблица

Параметры	Перед пуском	В рабочем режиме
Давление H_2 , ати	0,7	0,08 ± 0,10
Давление He, ати	23	24 ± 27
Вакуум в головке криогенератора, мм рт.ст.	$1 \cdot 10^{-8}$	лучше чем $1 \cdot 10^{-5}$
Вакуум в криогенном трубопроводе, мм рт.ст.	0,1	лучше чем $1 \cdot 10^{-3}$
Вакуум в мишени, мм рт.ст.	0,1	лучше чем $1 \cdot 10^{-4}$
Ток нагрузки, ампер	-	16 ± 17

КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ЖИДКОГО ВОДОРОДА В МИШЕНИ

Прямое наблюдение за уровнем водорода в мишени невозможно, так как мишень находится внутри стримерной камеры. Использование различного типа датчиков для прямого измерения уровня недопустимо, так как внутрь мишени нельзя ввести ни проводов, ни металлических трубок. Поэтому наличие водорода было предложено определять двумя косвенными методами: по давлению водорода в системе и по выбыванию налетающих частиц при взаимодействии их с водородом.

Для определения уровня водорода в мишени по давлению был проведен пуск установки, во время которого мишень находилась вне стримерной камеры, а вместо пенопластового кожуха был вакуумный кожух из прозрачного оргстекла. Прямое наблюдение за уровнем водорода в мишени показало, что для полного заполнения мишени жидкостью необходимо в системе иметь не менее 200 литров газообразного водорода. При подозрении на отсутствие водорода в мишени, подтверждаемом выбыванием вылетающих частиц, необходимо проверить давление в системе после испарения жидкости. Для этого надо остановить машину и через 10-12 минут, что соответствует полному испарению водорода из мишени, измерить

давление в системе. Минимально допустимое давление водорода в системе при емкости ресивера $0,5 \text{ м}^3$ - $0,6$ ати. Заполнение мишени водородом после повторного пуска происходит через 15 минут.

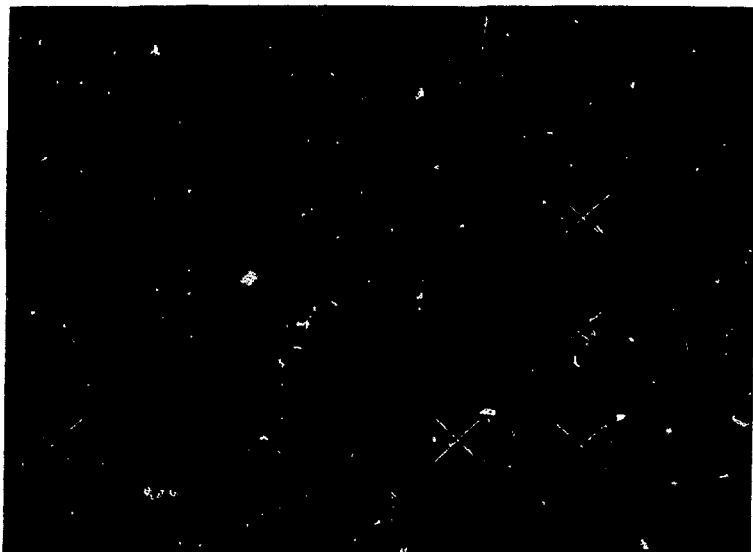


Рис.6. Следы частиц, полученные на установке РИСК при облучении жидководородной мишени с жидким водородом пучком π^- -мезонов с энергией 40 ГэВ на ускорителе ИФВЭ.

В июне, октябре и декабре 1979 г. было произведено облучение водородной мишени установки РИСК π^- - и K^- -мезонами с импульсом 25-40 ГэВ на ускорителе ИФВЭ. На рис. 6 показана фотография следов частиц.

Созданию криогенной части установки в значительной мере способствовали предварительные работы по созданию и запуску криогенной части установки "Резонанс".

Авторы особо благодарны А.Г.Зельдовичу и В.И.Петрухину за поддержку и внимание к этой работе, конструктору Лаборатории ядерных проблем В.А.Уткину и сотрудникам криогенного отдела Лаборатории высоких энергий Т.Н.Борзуновой, А.И.Калмы-

ковой, В.И.Костырко, В.Л.Мазарскому, М.В.Левину, Ю.П.Павлову, С.В.Королеву, Н.И.Никонову за участие в создании мишеней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вертоградов Л.С. и др. ОИЯИ, Р8-9740, Дубна, 1976.
2. Вертоградов Л.С. и др. ОИЯИ, Р13-9925, Дубна, 1978.
3. Андреев Е.М. и др. ОИЯИ, 13-8550, Дубна, 1975.
4. Борзунов Ю.Т. и др. ОИЯИ, 8-8991, Дубна, 1975.
5. Голованов Л.Б. ЭЧАЯ, 1977, т.8, вып.5.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 февраля 1980 года.