

И. 71

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
СО АН СССР

Новосибирск

✓ В Э П П - 2 М

15 декабря 1972 года

Рабочие материалы

Выпуск - 2

V +

1. СОСТОЯНИЕ РАБОТ ПО ЗАПУСКУ КОМПЛЕКСА ВЭПП-2

1) ИЛУ

Измерен фазовый объем пучка электронов из ИЛУ на энергии $E_k = 3$ Мэв при разных токах: ~ 1 А и 30А. Ф.О. в этих пределах не зависит от тока и равен:

$$\Delta z z' = 2,10^{-3} \text{ рад.см}$$

Измерения проводились методом двух пар взаимноперпендикулярных щелей.

Ведется подготовка к измерению Ф.О. пучка позитронов.

2) БЗМ

Поставлены шибера, отсекающие азотные ловушки от вакуумной камеры ускорителя, что позволяет за время ~ 1 часа производить вскрытие вакуумной камеры ускорителя. Изготовлены и запускаются новые блоки сильноточной коррекции на тиристорах. Изготовлены линзы Пановского для коррекции бетатронных частот $\Delta \nu \approx \pm 0,2$ при инжекции. Изготовлен и испытан ферритовый дефлектор.

Линзы и дефлектор предполагается установить в промежутках.

3) Канал БЗМ-ВЭПП-2

Сделана профилактика генератора Х-линз; Х-линзы установлены на свои места. Изготовлен механизм, убирающий конвертер во время инжекции электронов в ВЭПП-2. Установлены подвижные люминофоры на выпуске из БЗМ и между первой и второй квадрупольными линзами

4) ВЭПП-2

Изготовлены и проходят испытания схема блокировок системы питания магнита ВЭПП-2 и система шунтировки квадрантов ВЭПП-2, стабилизированная по току (с током в шунте до 50 а), что позволяет управлять радикальным положением пучка в накопителе.

В ближайшее время на накопителе ВЭПП-2 предполагается выполнить программу по изучению связи вертикальных и радикальных колебаний, для чего установлена телевизионная камера на окне третьего промежутка.

5) Канал ВЭПП-2 - ВЭПП-2М

На участке выпуска из ВЭПП-2 установлен быстродействующий канал, который разделяет вакуумные камеры накопителя и канала и открывается только в момент выпуска пучка. Перед ПМВ-1 установлен пробник с люминофором; вывод света на телекамеру осуществляется с помощью волоконной оптики. Подготовлен к работе цилиндр Фарадея для измерения величины выпущенного тока (емкость $C = 132 \text{ pF}$).

Расширен диаметр канала (с 10 до 14 мм) на участках перед впуском в ВЭПП-2М, ведется подготовка к установке в этих же участках квадрупольных линз для улучшения согласования эмитанса пучка с с акцентансом накопителя.

Изготовлена система питания забрасывающего магнита, предназначенного для перевода пучка в поворотный канал; разрабатываются системы питания N -коррекции ПМГ и перекашивающего магнита в ВЭПП-2.

Собрана и проходит испытания новая система питания для импульсного выпускного магнита (ВЭПП-2). Ведется подготовка системы измерения поля (тока) в импульсных элементах канала с точностью $\sim 5 \cdot 10^{-4}$.

5. ВЭПП-2М

а) Параметры накопителя ВЭПП-2М.

(звездочкой отмечены проектные цифры).

Общие данные

Максимальная энергия $E^* = 670 \text{ МэВ}$

Частота обращения $f_0 = 16,77 \text{ Мгц.}$

Средний радиус $\bar{R} = 284 \text{ см.}$

Частоты бетатронных колебаний $\nu_{2,2} = 3,02 \mp 3,20.$

Коэффициент пространственного уплотнения орбит $\alpha = 0,177.$

β - функции в местах встречи: $\beta_2 = 5 \mp 10 \text{ см}$

$\beta_{\text{тл}} = 40 \mp 50 \text{ см.}$

Адмитанс накопителя:

$$\mathcal{E}_2^* = (A_2^2 / \beta_2)_{\text{min}} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ см}$$

$$\mathcal{E}_2^* = (A_2^2 / \beta_2)_{\text{min}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ см}$$

Светимость на одно место встречи (оценка при $E = 500 \text{ МэВ}$)

$$\mathcal{L}_1^* = 5 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$$

Длина экспериментального промежутка: $l = 87 \text{ см}$

Магнитная система

Радиус кривизны магнита $r = 122 \text{ см}$

Максимальное поле в магните $B_{\text{max}} = 18 \text{ кгс}$

Зазор магнита $h = 30 \text{ мм.}$

Характеристики линз:

главные линзы: $(\frac{dB}{dx})_{\text{max}} = 6,3 \frac{\text{кгс}}{\text{см}}$; $d = 34 \text{ мм};$

линзы коротких промежутков: $(\frac{dB}{dx})_{\text{max}} = 1,1 \frac{\text{кгс}}{\text{см}}$; $d = 41 \text{ мм};$

секступольные линзы: $(\frac{d^2B}{dx^2})_{\text{max}} = 0,55 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$; $d = 43 \text{ мм}; l_{\text{эп}} = 26,5,$

$l_{\text{эп}} = 53,5$

октупольные линзы: $(\frac{d^3B}{dx^3})_{\text{max}} = 1,0 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^3}$; $d = 43 \text{ мм}; l_{\text{эп}} = 22,5,$

$l_{\text{эп}} = 30,5.$

Система питания магнитов и главных линз (основная):

тип - выпрямитель на тиристорах;

ток $I_{max}^* = 8$ ка;

стабильность тока $(\Delta I/I)^* \approx 10^{-4}$;

мощность $W^* = 800$ квт.

Система питания - временная:

тип - мотор-генераторы;

ток $I_{max} = 1,85$ ка;

стабильность тока $\Delta I/I \approx 1 \mp 2 \cdot 10^{-4}$

мощность $W = 40$ квт

ВЧ-система

Частота $f_{ВЧ} = 201$ Мгц

Кратность $q = 12$

Резонатор (основной); максимальное напряжение $V_{max}^* = 300$ кв;

добротность $Q = 1,6 \cdot 10^4$,

Резонатор (временный); максимальное напряжение $V_{max} = 5$ кв

Мощность ВЧ-генератора: $W = 10$ квт (основной);

$W = 0,3$ квт (временный)

Частота фазовых колебаний f (кГц) $= 9,85 \sqrt{\frac{V_0(\text{кВ})}{E(\text{ГэВ})}}$

Ширина сепаратрисы: $(\Delta E/E)_{min} = \pm 0,54 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{V_0(\text{кВ})}{E(\text{ГэВ})}}$

Вакуумная система

Скорость откачки сосредоточенными насосами: 8×150 л/сек.

Производительность распределительных насосов: $\frac{dQ}{dE} = 10$ л/сек.см
($V \approx 10$ кгс), всего $Q^* = 8000$ л/сек.

Параметры пучка, время жизни

Времена затухания амплитуды колебаний пучка:

$$\text{вертикальных } \tau_z \text{ (сек)} = 1,64 \cdot 10^{-3} E^{-3} \text{ (Гэв);}$$

$$\text{радиальных } \tau_r \text{ (сек)} = 2,74 \cdot 10^{-3} E^{-3} \text{ (Гэв);}$$

$$\text{синхротронных } \tau_s \text{ (сек)} = 0,68 \cdot 10^{-3} E^{-3} \text{ (Гэв).}$$

Размеры пучка, определяемые квантовыми флуктуациями излучения:

$$\text{радиальный-бетатронный } \sigma_{z\beta} \text{ (см)} = 0,107 / f_z / E \text{ (Гэв);}$$

$$\text{радиально-фазовый } \sigma_{z\psi} \text{ (см)} = 0,202 \psi E \text{ (Гэв);}$$

$$\text{продольный } \sigma_e \text{ (см)} = 61,5 \sqrt{\frac{E^3 (\text{Гэв})}{V_0 (\text{кВ})}}$$

$$\text{Разброс энергий частиц в пучке } \sigma_E / E = 7,05 \cdot 10^{-4} E \text{ (Гэв).}$$

Время жизни пучка, определяемое взаимодействием с атомами остаточного газа (Z - средний заряд атома):

$$\text{тормозное излучение: } T_f \text{ (сек)} = \frac{3,3 \cdot 10^{-2}}{Z^2 \ln \left(\frac{\Delta E}{E} \right)_{\text{max}} \cdot \rho(\tau_{pp})};$$

$$\text{однократное рассеяние: } T_{\text{срн}} \text{ (сек)} = \frac{0,2 E^2 (\text{Гэв})}{Z^2 \rho(\tau_{pp})};$$

$$\delta \text{-электроны: } T_{\delta} \text{ (сек)} = 1,8 \frac{(\Delta E / E)_{\text{max}} \cdot E (\text{Гэв})}{Z \cdot \rho(\tau_{pp})}$$

Скорость потерь пучка при встрече (2 места встречи):

$$\frac{dI}{dt} \left(\frac{\mu\text{а}}{\text{сек}} \right) = - \frac{\sigma (\text{см}^2) L_e (\text{см}^2 \text{сек}^{-1})}{1,86 \cdot 10^5}$$

где $\sigma_{\gamma} = 2,7 \cdot 10^{-25} \text{ см}^2$ - эффективное сечение однократного тормозного излучения;
 L_1 - светимость на одно место встречи.

б) Магнитная система

Систематически, в течение 10 месяцев (с момента первоначальной установки), контролировалась выставка элементов магнитной системы по 18-ти контрольным точкам, с привязкой к центральному геодезическому знаку. За это время зарегистрированы максимальные изменения расстояния между диаметрально противоположными точками в пределах $\delta D = \pm 0,4$ мм. Смещения по вертикали несколько меньше и составляют $\delta z = \pm 0,15$ мм.

На временной системе питания магнита установлен новый трансформатор для подавления пульсаций, благодаря этому величина пульсаций уменьшена до $\delta U/U \approx 1 \cdot 2 \cdot 10^{-4}$ (прежде пульсации были больше, чем 10^{-3}). На основной системе питания заканчиваются монтажные работы, в декабре предполагается начать её испытание. Девятый магнит, предназначенный для измерения магнитного поля, установлен и включен в общую цепь питания.

Опробовано управление элементами магнитной системы с использованием ЭЦВМ "ОДРА", управляемой с пульта ВЭПП-2 с помощью телетайпа. Написан и отлажен цикл программ, включающий в себя программы автоматического задания режимов накопителя и канала, подъема энергии частиц в накопителе, изменение с пульта (через телетайп) режима любого из магнитных элементов и т.д. Ведется подготовка к вводу данных в ЭЦВМ с контрольной стойкой, что позволит вести автоматический контроль и подстройку параметров элементов магнитной системы.

в) ВЧ-система

ВЧ-генератор "Лён" смонтирован; после предварительной настройки получена мощность около 9 квт на эквивалентной нагрузке. Проложен ВЧ-фидер к резонатору.

Основной ускоряющий резонатор накопителя ВЭПП-2М изготовлен и испытывается. По результатам измерений, добротность резонатора - 16000, шунтовое сопротивление - 2,1 Ом. Резонатор испытывался от маломощного генератора (300 Вт), при этом получено напряжение до 25 кВ. В настоящее время заканчивается прогрев резонатора.

После прогрева будет произведена доработка резонатора: замена высоковольтного керамического ввода, противомультипакторного диска, установка ребер жесткости на торцевые крышки резонатора.

Затем, после вторичного прогрева, резонатор будет испытываться от генератора "Лён" мощностью 10 кВт, что позволит получить напряжение до 200 кВ. В настоящее время ведется наладка генератора "Лён".

При мощности генератора 10 кВт ВЧ-система позволит получить в накопителе на энергии 670 МэВ ток 2×250 ма при напряжении на резонаторе 40 кВ.

Установка резонатора в накопительное кольцо планируется на февраль 1973 года. До этого времени можно проводить наладочные работы с пучком до энергии 250 МэВ, используя временный резонатор и маломощный генератор.

Монтаж разблочков системы управления и синхронизации ВЧ в основном закончен, проводится их настройка на месте.

г) Вакуумная система

Был проведен пробный прогрев вакуумной камеры накопителя без разборки магнитной системы. Для прогрева камер в поворотных магнитах через распределительные насосы пропускался ток $I \sim 70$ а (температура стенок камеры $\sim 100^\circ$); сосредоточенные насосы прогревались внешними нагревателями. Прогревался также промежуток № 2 (резонаторный), за исключением самого резонатора. Участки вакуумной камеры в линзах и остальные промежутки не прогревались. После прогрева вакуум, в измеренный в промежутке № 2, составлял $3 \cdot 10^{-9}$ (до прогрева - $2 \cdot 10^{-8}$).

д) Системы наблюдения за пучком

Системы контроля за поведением пучка в накопителе основаны в основном на использовании синхротронного излучения. В каждой вакуумной камере поворотного магнита сделаны два окна диаметром 20 мм, по одному для каждого направления движения частиц (всего 16 окон). На каждом окне может быть установлено устройство для измерения радиального и вертикального отклонения орбиты пучка от идеальной, с разрешением около $\pm 0,5$ мм. Информация о положении пучка выводится на цифropечатающее устройство на осциллограф и может быть введена в ЭЦВМ (вручную или автоматически) для расчета необходимых коррекций орбиты.

Полупрозрачные зеркала выводят синхротронное излучение (около 80% интенсивности) в устройства для наблюдения за оставшимися параметрами пучков, расположение которых на накопителе показано на рис.

1) ФЭУ- для измерения тока пучков, по два в каждой из двух точек наблюдения. Большая часть света (около 80%) пропускается через полупрозрачное зеркало на малошумящий ФЭУ, предназначенный для калибровки по одному электрону, сигнал с которого подается на самописец. На это же место может быть установлен обычный ФЭУ, для наблюдения за током пучка по осциллографу. Остальной свет направляется на ФЭУ, контролирующей ток пучка. В измерительном приборе используется интегрирующий преобразователь сигнала с ФЭУ в импульсы, частота которых пропорциональна току. Вывод информации - на 4-значное цифровое табло (три диапазона измерений: $0,1 \pm 10$ мкА; $0,01 \pm 1$ мА; 1 ± 100 мА, с возможностью уменьшения чувствительности в 10 раз) и на стрелочный прибор с логарифмической шкалой.

2) Телекамеры - для визуального наблюдения за поперечными размерами пучков. Масштаб изображения на трубке, создаваемый оптической системой 1 : 3. Вначале будут использованы телекамеры установки ПТУ-102, а затем одноканальные телевизионные установки ПТУ-28.

3) Диссекторы - для измерения поперечных размеров пучков. Поскольку для настройки светимости необходимо одновременно контролировать Σ и Ξ - размеры обоих пучков, должно быть

установлено четыре диссектора. Масштаб оптического изображения пучка на диссекторе 1 : 1, ожидаемое разрешение $\delta r \approx 0,05 \text{ мм}$. Размеры пучка в месте наблюдения: $\sigma_z = 0,73 \text{ мм}$; $\sigma_x = 0,16 \text{ мм}$ (при $E = 0,5 \text{ Гэв}$, соотношении размеров в месте встречи $\sigma_x/\sigma_z = 0,1$ и естественном радиальном размере). Вывод информации - на 4-значное цифровое табло (диапазон измерений: $0,1 \pm 10 \text{ мм}$) и стрелочный прибор. В первое время измерение размеров будет производиться по сигналу с диссектора на осциллографе.

4) ФЭУ со щелью - для наблюдения за поперечными когерентными колебаниями пучков (бетатронными и радиально-фазовыми). В ближайшее время начнется проектирование этого устройства.

5) Быстрый диссектор - для измерения продольного размера пучка. Быстрое сканирование электронного изображения по экрану со щелью осуществляется синусоидальным сигналом с частотой обращения. Дополнительное медленное сканирование пилообразным сигналом с частотой повторения 50 гц позволяет измерять длину пучка с разрешением $\delta l \approx 1,5 \text{ см}$ (для сравнения длина пучка при $E = 0,5 \text{ Гэв}$; $V_0 = 100 \text{ кв}$ составляет $l = 2,2 \text{ см}$). При отсутствии медленного сканирования прибор позволяет наблюдать когерентные фазовые колебания пучка.

6) Быстрый ФЭУ - для наблюдения за распределением пучков по сепаратрисам. Свет от пучков, движущихся в противоположном направлении, сводится оптически, с одинаковой длиной пути, на фотокатод быстрого ФЭУ (с разрешением 1 нсек на половине высоты). Сигнал должен наблюдаться с помощью строб-осциллографа, запускаемого импульсом, привязанным к фазе задающей частоты 8,4 мгц. С помощью этого устройства можно определять как распределение частиц по сепаратрисам в каждом из пучков, так и место встречи сгустков.

Предполагается использовать в дальнейшем ФЭУ с управлением по сетке; отключающий ФЭУ импульс длительностью около 5 нсек должен быть привязан к фазе задающей частоты. Сдвигая величину привязки ступенями по 5 нсек (что равно длине сепаратрисе), можно контролировать распределение частиц по сепаратрисам. Вывод информации - на обычный осциллограф и на табло с индикаторными трубками, высота светящегося столба в которых должна быть пропорциональна числу частиц.

В настоящее время, в основном, закончен электрический монтаж, ведется отладка отдельных элементов оптической системы и их установка на накопитель.

В одном из временных длинных промежутков установлен пикап-электрод. Разрабатывается аппаратура для измерения с его помощью тока пучка, распределения пучка по сепаратрисам и наблюдения когерентных фазовых колебаний. В дальнейшем пикап-электрод будет установлен в одном из экспериментальных промежутков.

е) Управление накопленными пучками, Светимость

Ведется разработка нескольких радиотехнических систем для управления накопленными пучками в ВЭПП-2М.

1) Выбивание захваченного пучка из выбранной сепаратрисы. Эта система функционально связана с системой для наблюдения за распределением пучка по сепаратрисам. Для выбивания нужного сгустка на согласованные пластины подаются импульсы с частотой обращения, длительностью около 5 нсек, вырезанные из синусоиды, частота которой близка к частоте бетатронных колебаний (или одной из разностных частот). Выбирая момент прихода импульса, можно возбуждать любой из сгустков пучка.

2) Подавление когерентных бетатронных колебаний. Исходный сигнал можно получить с помощью ФЭУ со щелевой диафрагмой; после усиления этот сигнал нужно подать в нужной фазе на согласованные пластины, чтобы воздействовать только на тот же семейный пучок. Вырезая из синусоидального сигнала импульсы, привязанные к фазе задающей частоты, можно воздействовать только на отдельный сгусток пучка.

3) Рассматриваются методы некогерентного шумового возбуждения колебаний пучка для увеличения его поперечных размеров, что может оказаться необходимым для увеличения светимости установки.

Результаты запуска накопителя ВЭПП-2М

Работа по проводке пучка электронов с энергией 125 МэВ по прямому каналу началась 22/У1-72г. Перед этим была прове-

дена доработка профиля токовых шин выпускного магнита для того, чтобы уменьшить величину показателя спада магнитного поля с $n \approx 2$ до $n = 0,9 \pm 0,1$. Опыт работы показал, что необходимо улучшить контроль за стабильностью поля в импульсных элементах - впускном и выпускном магнитах, и расширить участок канала перед впускным магнитом. Были получены фотографии пучка на входе в накопитель; его размеры составляли ~ 1 мм, нестабильность положения имела такой же порядок величины.

Пучок был впервые захвачен в накопитель 15/УШ-72г. Режим работы: энергия 125 Мэв; вертикальная β -функция в месте встречи $\beta_z \approx 15$ см, частота обращения $18,768 \pm 0,020$ МГц; напряжение на резонаторе $V = 3 - 5$ кВ; частоты бетатронных колебаний: $\nu_z \approx 3,142$; $\nu_x \approx 3,102$. Оказалось, что флуктуации тока, питающего магнит и главные линзы накопителя, вызывают флуктуации бетатронной частоты: $\delta \nu_{z,x} \pm 0,003$. В этом режиме была измерена зависимость бетатронных частот от энергии (радиуса):

$$\frac{\partial \nu_z}{\partial R} = -0,001 \frac{1}{\text{см}} \quad \rho \frac{\partial \nu_z}{\partial \rho} = -4,57$$

$$\frac{\partial \nu_x}{\partial R} = -0,171 \frac{1}{\text{см}} \quad \rho \frac{\partial \nu_x}{\partial \rho} = -8,60$$

Включением секступольных линз ($J_{cz} = \pm 0,88$ а; $J_{cx} = -0,80$ а) удалось добиться, чтобы бетатронные частоты ν_z, ν_x не зависели от радиуса в рабочей области частоты обращения.

В дальнейшем работа с пучком проводилась на энергии $E = 165$ Мэв ($U = 1,83$ кВ; $B = 4,50$ кгс). Эта энергия является практически предельной в настоящее время и ограничивается выходным напряжением временного источника питания магнита. Были изменены также режимы линз накопителя, чтобы иметь в месте встречи $\beta_z \approx 8,5$ см. Это расчетный режим, при котором апертура наилучшим образом согласована с функциями Флэке. Были измерены функции Флэке в линзах, они хорошо согласуются с расчетными величинами, соответствующими $\beta_{z0} = 7$ см в месте встречи.

Линза	FZ		FR		T	
	$ f_z^- $	$ f_z^+ $	$ f_z^- $	$ f_z^+ $	$ f_z^- $	$ f_z^+ $
$ f_i _{\text{экс}}$	1,28	0,71	0,84	1,33	0,76	-
$ f_i _{\text{расч}}$	1,27	0,80	0,86	1,30	0,77	0,39

Область бетатронных частот, в которой мог жить и захватываться пучок, составляла:

$$3,024 < \nu_z < 3,20$$

$$3,026 < \nu_z < 3,22$$

При ν_z , близком к целому резонансу, наблюдалось сильное увеличение вертикального размера; при $\nu_z \approx 3$ видны флуктуации радиального положения пучка. При $\nu_z \approx 3,25$ наблюдалась гибель пучка в радиальном направлении, что связано, по-видимому, с достижением резонанса $\nu_z = 13/4$.

Поскольку момент ^{привода} импульса инфлектора не был синхронизован с фазой ВЧ, коэффициент перехвата пучка (отношение числа частиц, захваченных в ВЭПП-2М, к числу частиц в ВЭПП-2) был нестабилен, однако его максимальная величина была близка к единице. Величина захваченного тока составляла 1 - 3 ма, не делалось попыток захватить больший ток. Накопления на энергии 165 Мэв не было, т.к. амплитуда импульса инфлектора была больше расчетной, и значительная часть захваченного пучка выбивалась при следующем импульсе инжекции. Однако, на энергии 125 Мэв, при расчетной амплитуде импульса инфлектора, можно было накапливать пучок.

Время жизни пучка с малым током на энергии 165 Мэв составляло $\tau_{\text{жизн}} \approx 400$ сек. В расчетное время жизни дают примерно

одинаковый вклад тормозное излучение, однократное рассеяние на атомах остаточного газа и выбивание δ -электронов (если считать, что средний заряд атомов остаточного газа $Z = 7,5$; напряженность на резонаторе $V_0 = 3$ кв и апертура вакуумной камеры используется полностью). Давление остаточного газа, измеренное в промежутке, где установлен резонатор, составляло $p \approx 2 \cdot 10^{-8}$ торр; в этом случае время жизни должно быть равным: $\tau_{\text{жизни}} \approx 1600$ сек. Возможны причины расхождения результатов; существование утечек с плохим вакуумом; избыточное давление аргона; ограничение апертуры - требуют дальнейшего исследования.

П. ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

1. Груша № 26 - эксперимент на накопителе ВЭПП-2

В августе этого года было осуществлено неполное включение аппаратуры, подготовленной для экспериментов по электровозбуждению ядер.

В течение двух дней изучались фоновые условия эксперимента. В настоящее время заканчивается отладка электроники для параллельного вывода результатов измерений на память АИ-4098 и на перфоленду для последующей более точной обработки на вычислительной машине.

Первые измерения начнутся на твердой мишени из алюминиевой фольги (повторение аналогичного эксперимента на ВЭПП-1). "Сверхточная" газовая мишень собрана на точном макете промежутка. Плотность струи $> 10^{-4}$ мм рт.ст. Размер окна 5 мм. Для накопления позитронов вакуум в промежутке при выключенной струе должен быть лучше 10^{-8} , полученный к настоящему времени - $2 \cdot 10^{-8}$.

Для эксперимента по измерению формфактора протона сделана в цех цилиндрическая искровая камера и поставлен в ВЭПП-2 блок полупроводниковых счетчиков для оценки фоновых и других условий работы.

2. Лаборатория № 2, группа Панченко

Установка для поиска распада $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$, измерения $|\eta_{00}|$ и $|\eta_{+-}|$ и изучения других редких мод распадов нейтральных каонов, рождающихся в Φ -пике, состоит из плоских геометрических и ливневых искровых камер, окружающих распадный объем $\sim 1 \text{ м}^3$, цилиндрических геометрических искровых камер и двух пропорциональных цилиндрических многопроволочных камер. Включение искровых камер осуществляется логикой, срабатывающей от сигналов с пропорциональных камер, соответствующих двум заряженным пионам от распадов K_S -мезона. Фоновые явления: распад $\Phi \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$, космические лучи и фон ускорителя (коллинеарные события) - логикой подавляются. Цилиндрические искровые и пропорциональные камеры концентрично окружают 2-й прямолинейный промежуток ВЭПП-2М, в центре которого имеется тонкостенная ($\leq 100 \text{ мкм}$) труба $\phi 50$ из нержавеющей стали. Промежуток откачивается с одной стороны титановым насосом с азотной ловушкой.

Возможности установки при светимости $5 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ (частота запусков составляет $\sim 1 \text{ гц}$) и непрерывной работе в течение месяца (интеграл светимости равен $1,3 \cdot 10^{37} \text{ см}^{-2}$) таковы:

для отношения вероятностей $\frac{\Gamma(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0)}{\Gamma(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0)}$ можно достичь предела $\leq 0,004 \pm 0,008$ (среднемировой предел $\leq 0,45$);

$|\eta_{00}|$ Можно измерить с погрешностью 2,1% (среднемировая погрешность - 5,7%);

$|\eta_{+-}|$ Можно измерить с погрешностью 1,6% (среднемировая погрешность - 1,5%);

отношение $\frac{\Gamma(K_L \rightarrow \pi\pi)}{\Gamma(K_L)}$ может быть измерено с погрешностью 5,8% (среднемировая погрешность - 8,2%);

Можно достичь для $\frac{\Gamma(K_S \rightarrow \pi\pi)}{\Gamma_S}$ предела $(0,9 \pm 1,6) \cdot 10^{-6}$ (среднемировой предел $\leq 3,5 \cdot 10^{-4}$);

Отношение $\frac{\Gamma(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0)}{\Gamma_S}$ можно измерить с погрешностью 2,7% (среднемировая погрешность 34,8%).

В настоящее время имеются макеты плоских (геометрических и ливневых) и цилиндрических искровых камер и пропорциональных камер, а также оптической системы для фотографирования

искр в зазорах цилиндрических искровых камер. Ведутся измерения эффективностей искровых камер к одной и двум искрам, эффективности пропорциональной камеры и совместного срабатывания её секторов от одной частицы при различных углах её падения. Ведется конструктивная разработка установки. В цех направлены чертежи модулей плоских (геометрических и ливневых) камер, окружающих радиальный объем, а также деталей для опоры установки. Прошел испытание один экземпляр гофрированной трубки с толщиной стенки ~ 60 мкм и длиной 130 мм. Трубка выдержала перепад давлений выше 3,5 ат. Подготовлено около половины электроники для эксперимента.

Установка системы цилиндрических искровых и пропорциональных камер на промежуток ВЭПП-2М для отработки логики в условиях фона ускорителя планируется на весну 1973 года.

3. Лаборатория № 2, группа Блинова

Для изучения редких реакций, идущих на встречных электрон-позитронных пучках, разрабатывается оптическая искровая камера с высоким пространственным разрешением, помещенная в магнитное поле напряженностью в 40-50 кэ, создаваемое сверхпроводящим соленоидом. Запуск искровой камеры производится от многопроволочных пропорциональных камер, производящих предварительный отбор событий. Высокая плотность газа искровой камеры, получающаяся при низких температурах при неизменном давлении, позволяет получить высокое пространственное разрешение. Камера работает в трековом режиме.

Все работы можно разбить на четыре наиболее существенных части:

1. Искровая камера. В настоящее время изготовлен макет искровой камеры. При плотностях Неона в 10 раз выше обычной (камера не охлаждалась, создавалась эквивалентная плотность, соответствующая $\sim 30^\circ\text{K}$) получено пространственное разрешение $\sim 80 \pm 100$ мкм вплоть до углов наклона трека к электрическому полю в $30 - 40^\circ$. Ведется конструирование рабочей камеры. Трудности - в сочетании различных требований: а) учет температурных деформаций, б) электроды из алюминиевой фольги в 30-50 мкм, в) изоляция по высокому напряжению (~ 120 кВ в импульсе).

2. Запускающая система из пропорциональных камер. На смеси $N_2 + 5 - 10\% H_2$, способной работать при $T \sim 30^\circ K$ и плотности в 10 раз выше обычной, получено разрешающее время $2\tau \sim 100$ нсек при эффективности 89,6%. Ведется исследование работы пропорциональной камеры при низких температурах.

3. Магнитная система и криогенные проблемы.

Установка для получения жидкого гелия в основном смонтирована. Проведено первое ожижение. Параметры установки близки к паспортным. Ведется подготовка к сдаче её в эксплуатацию.

Начаты работы по конструированию магнитопровода и магнита. Ведется отработка технологии намотки сверхпроводящим кабелем на пробном магните. Изготавливается источник питания на 500 а для основного магнита.

4. Система оперативного контроля светимости по однократному и двойному тормозному излучению.

Система представляет собой телескоп из пропорциональных проволочных камер, позволяющих вести счет тормозных γ -квантов по количеству электрон-позитронных пар, родившихся в конвертере. С координатных проволочных камер на экран ЭЛТ и на ЦПУ выводится пространственное распределение γ -квантов, попавших в конвертер. Это позволяет учесть при расчете светимости краевые эффекты выпускных окон и по центру тяжести двух таких распределений от счетчиков, расположенных по разные стороны от места встречи, определить положение сгустков в месте встречи с точностью $\sim 0,5$ мм (при энергии частиц ~ 500 Мэв). Абсолютное определение светимости будет вестись в основном по однократному тормозному излучению. Предполагаемая точность определения светимости 5% при величине светимости $\sim 5 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$. Фон от тормозного излучения на остаточном газе $\sim 1\%$ (при вакууме 10^{-6} торр в месте встречи). При меньших величинах светимости точность в её определении падает из-за фона от тормозного излучения на остаточном газе, который, в принципе, можно учесть измеряя тормозное излучение от дополнительного сгустка в накопителе с интенсивностью в ~ 10 раз меньшей основного.

Пробный вариант такой системы, в основном, разработан и изготовлен. В декабре 1972 г. предполагается её установка и отладка на пучке ВЭПП-2М.

4. Лаборатория №3

Система регистрации имеет телесный угол $\sim 0,84\pi$ стере-
радиан и позволяет регистрировать все основные процессы электрон-
позитронного взаимодействия. Прямолинейный промежуток в месте
встречи имеет большой диаметр - 220 мм, что обеспечивает изу-
чение распадов нейтральных каонов в вакууме.

В настоящее время конструкторские работы по первой оче-
реди экспериментов в основном закончены. Модельный блок коор-
динатных проволочных искровых камер собран и запущен. Сейчас
ведутся измерения эффективности камер по космическим частицам
в режиме *on-line* с ЭВМ "Минск-22". Эффективность регистра-
ции камер к одной частице $\sim 100\%$. Изготовление основных 18-ти
координатных камер задерживается в мастерской. Отстает от пла-
на также прокладка кабельных каналов от пульта регистрации
в зал ВЭПП-2М. Изготовление сцинтилляционных счетчиков и бло-
ков быстрой электроники идет по плану.

Для измерения светимости в 4-ом экспериментальном проме-
жутке предполагается использовать тормозное излучение под нуле-
выми углами. В качестве детекторов - спектрометров будут исполь-
зоваться два кристалла NaJ (диаметром 20 см и высотой 30 см
каждый, установленные с противоположных концов промежутка.
Энергетическое разрешение спектрометра γ -квантов составит око-
ло 10% при энергии 500 Мэв, порог регистрации - 100 Мэв.

Ниже приводится таблица скоростей счета и отношений эф-
фекта к фону для однократного тормозного излучения (ОТИ) и дву-
кратного тормозного излучения (ДТИ) при различных рабочих условиях
ВЭПП-2М (предполагается, что токи электронов и позитронов рав-
ны 30 ма, вакуум 10^{-8} торр).

	$\mathcal{L} = 10^{-28} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$		$\mathcal{L} = 10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$	
	$N \left[\frac{\text{имп}}{\text{сек}} \right]$	$\frac{N_{\text{эфф}}}{N_{\text{фон}}}$	$N \left[\frac{\text{имп}}{\text{сек}} \right]$	$\frac{N_{\text{эфф}}}{N_{\text{фон}}}$
ОТИ	$8 \cdot 10^2$	0,37	$8 \cdot 10^4$	37
ДТИ	0,25	0,45	25	0,06

При низких светимостях $< 10^{+28}$ сек⁻¹ будет использоваться ДТИ, так как оно дает сравнительно хорошее отношение эффект/фон. При более высоких светимостях отношение эффект/фон падает обратно пропорционально светимости, поэтому использовать ДТИ для мониторингования становится нецелесообразным.

Как видно из таблицы, в этом случае становится предпочтительным использовать ОТИ, так как отношение эффект/фон для этого процесса растет со светимостью. Для измерения фона ОТИ будет измеряться скорость счета тормозного излучения от дополнительного (третьего) ступка электронов или позитронов, который предполагается инжектировать в ВЭПП-2М.

В настоящее время заканчивается настройка счетчиков, сделаны измерения линейности и нагрузочной способности счетчиков. Необходимая электроника, в основном, изготовлена, предстоит монтаж стойки питания электроники. В мастерской задерживается изготовление контейнера-подставки для счетчиков. До начала измерений необходимо протянуть кабельную трассу и подготовить систему высоковольтного питания фотоумножителей. Кроме того, еще нужно изготовить сцинтилляционные счетчики для защиты от заряженных частиц и калибровки спектрометров по космике.

5. Синхротронное излучение

Накопитель ВЭПП-2М может быть использован как интенсивный источник поляризованного излучения в области вакуумного ультрафиолета и мягкого рентгена. Для вывода излучения в вакуумной камере сделано 16 окон диаметром 20 мм, по 8 окон для каждого из направлений движения частиц. Участок траектории, излучение из которого попадает в окно, находится внутри поворотного магнита в 0,6 м от окна. Большинство окон предназначено для диагностики пучка (измерения его положения, размеров и т.д.); два предполагается использовать для экспериментов с синхротронным излучением. Один из оптических каналов - вакуумный (окно в камере магнита Ia , по часовой стрелке); экспериментальный объем находится на расстоянии 2 м от окна; в канале предусмотрена дифференциальная откачка и аварийные клапаны. Второй канал (окно магнита IIb , по часовой стрелке) предназначен для работы с коротковолновым излучением ($\lambda < 3A^\circ$), он будет отделен от вакуумной камеры накопителя бериллиевой фольгой толщиной $d = 100 \pm 200$ мкм (ослабление излучения в 2 раза при $\lambda = 5A^\circ, d = 100$ мкм).

В таблице приведено число фотонов $n \left(\frac{\text{фот}}{\text{сек} \cdot \text{в} \cdot \text{А}^\circ} \right)$, выходящих в единицу времени в окно диаметром 20 мм, нормированное на ток пучка и на единицу длины волны (ожидаемый ток пучка электронов $\gamma_{\text{max}} = 0,1 \text{ r } 0,3 \text{ а}$).

$\lambda(\text{А}^\circ)$ $E(\text{r}2\text{эВ})$	2	5	10	20	50	100
0,50	$1,8 \cdot 10^8$	$5,8 \cdot 10^{12}$	$5,4 \cdot 10^{14}$	$31 \cdot 10^{15}$	$4,5 \cdot 10^{15}$	$3,8 \cdot 10^{15}$
0,55	$1,5 \cdot 10^9$	$8,4 \cdot 10^{13}$	$2,0 \cdot 10^{15}$	$6,0 \cdot 10^{15}$	$5,4 \cdot 10^{15}$	$4,3 \cdot 10^{15}$
0,60	$1,7 \cdot 10^{11}$	$6,0 \cdot 10^{14}$	$5,0 \cdot 10^{15}$	$9,2 \cdot 10^{15}$	$6,8 \cdot 10^{15}$	$5,1 \cdot 10^{15}$
0,65	$4,5 \cdot 10^{12}$	$2,2 \cdot 10^{15}$	$9,6 \cdot 10^{15}$	$1,3 \cdot 10^{16}$	$8,4 \cdot 10^{15}$	$5,7 \cdot 10^{15}$

а) Институт неорганической химии, лаборатории
физических методов исследования природы
химической связи

Целью исследований является получение спектров поглощения отдельных молекул, а также твердого тела и на их основе изучение электронной (энергетической) структуры изучаемых соединений. Необходимость использования для этой цели синхротронного излучения вызвана тем, что в области длин волн от 10 до 1000 А° принципиально невозможно создать более эффективный источник для абсорбционных спектрометров. Причем светосила этого источника на несколько порядков превосходит светосилу предельно возможных рентгеновских трубок.

В настоящее время заканчивается конструирование канала, который должен соединять накопитель со спектрометром. Окончание конструкторских работ намечено на конец декабря.

Изготовлены насосы для дифференциальной откачки системы канал-спектрометр. В стадии изготовления на Опытном заводе азотные ловушки.

б) Институт катализа, рентгеноспектральная группа

Рентгеновские спектры поглощения и эмиссии позволяют изучать электронную структуру вещества и её изменение при изменении химической связи, при фазовых превращениях, при различных воздействиях на вещество. В частности, изучение рентгеновских спектров катализаторов в условиях, имитирующих условия реакции — окислительная или восстановительная среда, температура — позволит изучать механизм каталитической реакции и роль электронной структуры катализатора в ней. Во многих случаях катализаторы гетерогенного катализа (т.е. находящиеся в фазовом состоянии, отличающемся от фазового состояния реагирующих веществ) содержат небольшое количество активного компонента, что затрудняет их исследование в обычных рентгеновских спектрографах. Кроме того, в большинстве случаев очень затруднительно провести съемку рентгеновского спектра в условиях реакции.

Синхротронное излучение имеет существенные преимущества перед рентгеновскими источниками как в интенсивности, так и в малой расходимости излучения.

Предполагается провести исследование ряда металлических (Ni, Ru) и окисных катализаторов гетерогенного катализа (на основе V_2O_5), а также некоторых катализаторов галогенного катализа (соединения Kd) в области длин волн $1,5 - 5 \text{ \AA}$. Сконструирована экспериментальная установка для изучения спектров с возможностью изменения температуры до 500°C в среде H_2, O_2, He , или в жидкости. Объем реакционной камеры отделяется от объема ускорителя бериллиевым окном толщиной $100-200 \text{ м}$. Регистрация фотографическая с дистанционным управлением перемотки пленки.

В наиболее невыгодной для накопителя ВЭПП-2М области длин волн $\lambda = 1,5 \text{ \AA}$ выигрыш в интенсивности при съемке спектра поглощения составит $\sim 10^3$ раз, для спектров флуоресценции ~ 40 раз (режим накопителя: $E = 0,65 \text{ Гэв}$, $\tau = 0,1 \text{ а}$). Сравнение проводится с рентгеновским спектрометром УРС-3Н в режиме 40 мк , 15 кВ для щели $20 \times 1 \text{ мм}$, $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \sim 10^{-3}$. При фоторегистрации величина экспозиции для спектров поглощения составит секунды, для флуоресценции — минуты (чистый исследуемый элемент, наиболее сильная линия). С ростом длины волны преимущество в интенсивности

синхротронного излучения резко возрастает у для $\lambda = 2 \text{ \AA}$ в 100 раз.

Кроме исследования конкретных катализаторов, необходимо изучить экспериментальные возможности рентгеновской спектроскопии на синхротронном излучении для определения более широкого круга задач и выяснения необходимых усовершенствований в получении спектров и их регистрации.

Ответственный за выпуск МИШНЕВ С.

ИЯФ СО АН СССР. Подписано к печати 27.12.1972г. Усл. 1,0 п.л.
Тираж 100 экз. Заказ № 89.