

ДУБНА · 1989

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3497/90



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1989 · DUBNA

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Главными задачами Лаборатории высоких энергий в 1989 году, определенными 65 сессией Ученого совета ОИЯИ и Комитетом Полномочных Представителей стран-участниц ОИЯИ, были проведение актуальных исследований кварковых систем в экспериментах на синхрофазотроне, ускорителях ИФВЭ и других научных центров, подготовка экспериментов на У-70 и УНК, работы по созданию систем нуклотрона, обеспечение эффективной работы синхрофазотрона на физический эксперимент, работы в области прикладных исследований. В 1989 г. в лаборатории получен ряд новых физических результатов в экспериментах на пучках уникальных релятивистских и поляризованных ядер синхрофазотрона, привлечших внимание научной общественности. Продолжалась обработка экспериментального материала, полученного на пучках У-70 ИФВЭ. Пройдены существенные этапы подготовки аппаратуры и создания новых установок для экспериментов на У-70 и УНК ИФВЭ, синхрофазотроне и нуклотроне ЛВЭ.

На установке ДЕЛФИ (LEP, ЦЕРН) с участием физиков ЛВЭ получены первые

результаты определения массы Z^0 -бозона и числа поколений нейтрино.

В завершающую фазу вступили работы по созданию нуклотрона. Выполнены плановые работы по модернизации систем синхрофазотрона. Ряд интересных результатов, в том числе имеющих прикладное значение, получен при разработках новых образцов детекторов, электронной аппаратуры, криогенной техники.

Научно-исследовательская деятельность лаборатории велась с участием специалистов из более чем 100 научных организаций стран-участниц ОИЯИ, с представительством всех крупнейших республиканских и региональных центров СССР в области физики высоких энергий и атомного ядра. В ряде экспериментов работали физики стран-участниц.

Важным этапом за истекший год явились проработка и обсуждение программы исследований на 1991—1995 гг. Предложения были опубликованы отдельным сборником^{1/1} и прошли экспертизу как в ОИЯИ, так и в научных организациях стран-участниц.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

МЕХАНИЗМ РОЖДЕНИЯ И РАСПАДА ЧАСТИЦ И РЕЗОНАНСОВ. ПОИСК НОВЫХ ЧАСТИЦ

1. Сотрудничеством БИС-2 получены новые, основанные на большей статистике, данные по поиску и изучению узких бариониев с отрицательной и положительной странностью^{1/2}. Эксперимент проводился на пучке нейтронов серпуховского ускорителя,

среднее значение импульса нейтронов составляло ~ 40 ГэВ/с. Использовались жидководородная и ядерные (C, Al, Cu) мишени.

Результаты обработки $\sim 2 \cdot 10^7$ и $\sim 2,4 \cdot 10^7$ взаимодействий нейтронов с водородом и ядрами соответственно приведены в табл.1. Видно, что во всех спектрах эффективных масс различных состояний с отрицательной и положительной странностью наблюдаются узкие пики, которые не явля-

ются кинематическим отражением каких-либо резонансов в других системах. Этот факт может рассматриваться как сильное указание на существование бариониев с отрицательной и положительной странностью. Среднее значение их массы — $(3053 \pm 3 \pm 20)$ МэВ/с², а ширина меньше (35 ± 5) МэВ/с². Наличие узких сигналов в спектрах дважды заряженных конечных состояний ($\Lambda\bar{p}\pi^-$ и $\bar{\Lambda}p\pi^+$) свидетельствует, что изотопический спин бариония $\geq 3/2$.

При анализе указанных выше данных осуществлялся также поиск узкого бариония со скрытой странностью M_ϕ . В спектрах $\Lambda\bar{p}K^+(+\pi^\pm)$, $\bar{\Lambda}pK^-(+\pi^\pm)$ и $K_s^0 p\bar{p}K^\pm$ при близких значениях массы наблюдались узкие выбросы, которые указывают на существование M_ϕ . Среднее значение массы — $M_\phi = (3255 \pm 3 \pm 20)$ МэВ/с², ширина — $\Gamma \leq (35 \pm 5)$ МэВ/с²¹³. Сечения рождения событий, обуславливающих наблюдаемые выбросы в кинематической области их регистрации: $X_F > 0,2$ и $P_\perp \leq 1$ ГэВ/с, составляют $0,3 \div 1,0$ мкб на нуклон при 90% уровне достоверности.

Таблица 1

Конечное состояние	Средняя масса, МэВ/с ²	Ширина, МэВ/с ²	Число комб., обуславл. выброс
$\Lambda\bar{p}\pi^+$	$3059 \pm 7 \pm 20$	53 ± 15	92 ± 33
$\bar{\Lambda}p\pi^-$	$3042 \pm 7 \pm 20$	38 ± 15	47 ± 24
$\Lambda\bar{p}\pi^+\pi^-$	$3062 \pm 5 \pm 20$	28 ± 8	43 ± 17
$\bar{\Lambda}p\pi^+\pi^+$			
$\bar{\Lambda}p\pi^+\pi^-$	$3046 \pm 5 \pm 20$	29 ± 12	71 ± 36
$\bar{\Lambda}p\pi^-\pi^-$			
$\Lambda\bar{p}\pi^-$	$3069 \pm 9 \pm 20$	72 ± 22	65 ± 25
$\bar{\Lambda}p\pi^+$	$3040 \pm 6 \pm 20$	34 ± 11	47 ± 20

2. В результате анализа 8,9 млн первичных событий, зарегистрированных в нейтрон-протонных взаимодействиях, были выделены события, содержащие K^+K^- -мезонные пары¹⁴. В спектре эффективных масс этих мезонов наблюдается узкий пик при массе ϕ -мезона (рис. 1), проведен анализ спектров по продольным и поперечным импульсам

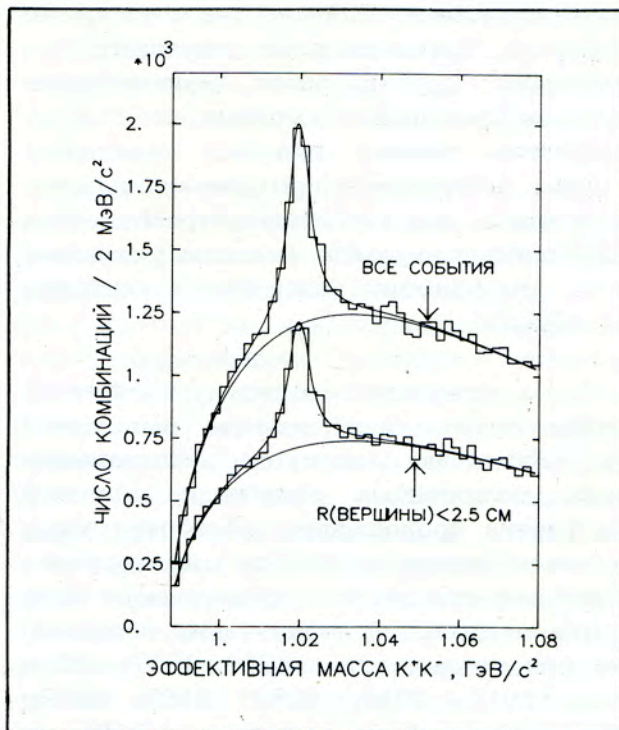


Рис. 1. Спектры эффективных масс K^+K^- -мезонов, регистрируемые спектрометром БИС-2

ϕ -мезонов, которые аппроксимировались степенной и экспоненциальной зависимостями: $(1-X)^N$ и $\exp(-B \cdot P_\perp^2)$, соответственно. Найдены параметры N и B этих распределений:

$$N = 4,28 \pm 0,42 \text{ и } B = (-3,02 \pm 0,55) (\text{ГэВ/с})^{-2},$$

для наблюдаемой кинематической области переменных $X_F \geq 0,1$ и $P_\perp \leq 1$ ГэВ/с, а также инклюзивное поперечное сечение ϕ -мезонов в сопровождении двух заряженных частиц, которое оказалось равным

$$\sigma(\phi + 2 \text{ адрона}) = (45 \pm 10) \text{ мкб на нуклон.}$$

Для сравнения полученных данных о сечении рождения ϕ -мезонов с результатами других экспериментов была сделана экстраполяция в полную кинематическую область $-1 \leq x \leq 1$. Величина полного инклюзивного поперечного сечения рождения ϕ -мезонов в нейтрон-водородных взаимодействиях при энергии нейтронов $30 \div 70$ ГэВ оказывается равной

$$\sigma(\phi + X) = (220 \pm 85) \text{ мкб на нуклон}$$

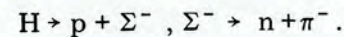
(ошибка включает 35% систематическую погрешность). Сравнение этого результата с результатами других работ, выполненных в пучках протонов, показывает, что полные поперечные сечения рождения ϕ -мезонов в пучке нейтронов и протонов одинаковы (в пределах ошибок). Параметр N спектра продольных импульсов ϕ -мезона указывает на то, что ϕ -мезоны рождаются в центральной области.

3. На материалах с однометровой водородной пузырьковой камеры выполнены две работы по поиску и исследованию узких дибарионных резонансов. Группой Ю.А.Трояна продолжалась обработка материалов по реакциям $pp \rightarrow pp\pi^-$, $pp \rightarrow pp\pi^-\pi^0$, в которых при анализе спектра масс двух протонов наблюдался ряд узких особенностей при значениях масс 1886; 1937; 1965; 1980; 2017; 2050; 2083; 2107; 2237; 2277 МэВ/с². Всего выделено $\sim 2 \cdot 10^4$ событий указанных реакций при импульсах падающего нейтрона 1,43; 1,72; 2,23; 3,83 ГэВ/с. Превышение сигнала над фоном составляет от 3 до 5 стандартных отклонений. Вместе с тем анализ данных по реакции $pp \rightarrow pp\pi^-$, с попыткой описать спектр эффективных масс двух протонов с помощью гладкой функции без привлечения узких резонансов, привел авторов работы¹⁵ к выводу о весьма сильной зависимости результатов от различных моделей фоновых распределений. Обработано дополнительно также $\sim 8 \cdot 10^3$ событий реакции $pp \rightarrow pp\pi^-$ при $p = 1,25$ ГэВ/с, проводится их анализ.

Сотрудничеством Дубна — Кошице — Москва — Тбилиси проведен анализ реакций $dp \rightarrow ppn$, и $dp \rightarrow p\pi^+nn$ ¹⁶. Импульс дейтрона составлял 3,33 ГэВ/с, статистика по обеим реакциям ~ 115 тыс. событий. В результате обнаружены узкие ($\Gamma \lesssim 50$ МэВ) структуры в области масс двух нуклонов (см. табл. 2).

Таким образом, показано, что узкие структуры с высокой статистической значимостью наблюдаются в области масс $2010 \div 2020$ МэВ/с² и $2140 \div 2150$ МэВ/с², причем во всех зарядовых комбинациях. Аналогичные структуры были наблюдаемы ранее в ⁴Нер-взаимодействиях на однометровой жидководородной камере ЛВЭ, а также в других экспериментах. Указанные состояния согласуются с предсказаниями ротационной модели.

4. Группой Б.А.Шахбазяна в конце 1988 года при анализе взаимодействий протонов ($P_p = 10$ ГэВ/с) с протоном обнаружено V_0 -событие, которое по внешним признакам и измеренным параметрам было расценено как кандидат в стабильный Н-дибарион, претерпевший слабый распад. Применение методов многовершинного кинематического анализа с созданием специальных программ позволило показать, что из всех гипотез о реакциях и распадах, способных имитировать это событие, "выживает" единственная¹⁷:



При этом $M_N = (2218 \pm 12)$ МэВ/с² при стандартном отклонении 12,0 МэВ/с² и погрешности среднего $\sigma = 2,8$ МэВ/с². Время пролета частицы до распада оказалось $1,37 \cdot 10^{-10}$ с. Масса ранее обнаруженного кандидата в Н-дибарион составляла (2175 ± 15) МэВ/с². Среднее по двум найденным событиям значение массы составляет (2197 ± 9) МэВ/с², а сечение образования N в $p + C_3H_8$ оценивается в 40 нб.

5. На материалах двухметровой жидководородной камеры "Людмила" продолжалось изучение механизма антинуклон-нуклонных взаимодействий. Проведено сравнение распределений по продольным и поперечным импульсам (X - и P_T^2 -распреде-

Таблица 2

Реакция	Z	M, МэВ/с ²	Γ , МэВ/с ²	σ	M, МэВ/с ²	Γ , МэВ/с ²	σ
$dp \rightarrow (pp)n$	++	2009 ± 15	16 ± 19	4,1	2153 ± 15	7 ± 11	5,8
$dp \rightarrow (pn)p$	+	2007 ± 10	8 ± 12	5,1	2128 ± 10	6 ± 9	4,3
$dp \rightarrow (nn)p\pi^+$	0	2027 ± 20	16 ± 18	5,3	2137 ± 20	17 ± 9	8,2

ния протонов и π^\pm -мезонов, образующихся в $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействиях при близких энергиях ($22 \div 24$ ГэВ)⁸. Показано, что:

— X-распределения протонов в $\bar{p}p$ -взаимодействиях более жесткие, при этом отличие от pp -взаимодействий увеличивается с ростом множественности заряженных частиц;

— в событиях с малой множественностью средний поперечный импульс протонов больше, чем в pp -взаимодействиях;

— для событий с идентифицированными протонами (с $P_{\text{лаб}} \lesssim 1,2$ ГэВ/с) X- и P_T^2 -распределения π^\pm -мезонов имеют более жесткий характер в $\bar{p}p$ -взаимодействиях. Перечисленные особенности неаннигиляционных $\bar{p}p$ -процессов не описываются кварковой фрагментационной LUND-моделью.

Рассмотрены методические вопросы измерения и обработки антидейтрон-ядерных взаимодействий⁹.

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОЖЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ. КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ

1. Предложенные и развиваемые в ЛВЭ методы анализа процессов множественного рождения частиц в адронных и ядерных столкновениях позволяют выразить свойства процессов физики высоких энергий через небольшое число релятивистски-инвариантных параметров, которые удается объяснить на основе квантовой хромодинамики. При этом безразмерные релятивистски-инвариантные положительные величины (относительные 4-скорости):

$$b_{ik} = -\left(\frac{p_i}{m_i} - \frac{p_k}{m_k}\right)^2 = -(u_i - u_k)^2 \quad (1)$$

(где p_i, p_k — 4-импульсы; m_i, m_k — массы частиц i и k , участвующих в реакции $I + II \rightarrow 1 + 2 + 3 + \dots$), используются в качестве основных переменных, через которые выражаются распределения вероятностей (сечения) процессов: $W(\dots b_{ik}, \dots)$.

В пространстве параметров b_{ik} оказалось возможным сформулировать некоторые общие принципы и предсказать закономерности, характеризующие сильно возбужденную адронную и ядерную материю,

обнаружить ряд новых явлений, в частности, универсальность четырехмерных струй адронов и существование барионных кластеров, также обладающих весьма интересными свойствами. Основные физические результаты, а также процедура использования переменных b_{ik} суммированы в ряде обзоров (см., например: Балдин А.М., Диденко Л.А. ОИЯИ, P1-87-912, Дубна, 1987) обсуждаются на крупнейших международных конференциях последнего времени. В текущем году опубликован ряд новых физических и методических результатов в рамках этого подхода. В работе¹⁰ предложена и разработана методика выделения кластеров, образующихся в неупругих столкновениях с использованием пространства нормированных к одинаковой массе относительных 4-скоростей, позволяющая выделить кластеры, состоящие из частиц разной массы. По этой методике проанализирован экспериментальный материал по pC - и π^-C -взаимодействиям ($P_p = 10$ ГэВ/с, $P_{\pi^-} = 40$ ГэВ/с), а также данные по pC -, dC -, αC - и CC -взаимодействиям при 4,2 ГэВ/с на нуклон, полученные с помощью двухметровой пропановой камеры. Оказалось, что в значительной доле событий (30 ÷ 60%) образование вторичных частиц (протонов и π -мезонов) происходит через кластеры, причем число таких взаимодействий растет с увеличением первичной энергии. Через кластеры образуется также ~40% кумулятивных адронов. Кластеры обладают универсальными свойствами для различных типов взаимодействий и различных первичных энергий как по характеристикам их образования, так и по особенностям их распада.

Найдено новое подтверждение применимости принципа автомодельности второго рода для описания распределений протонных кластеров из nC - и π^-C -взаимодействий¹¹. Экспериментальный материал получен при облучении двухметровой пропановой пузырьковой камеры нейтронами с импульсом 7 ГэВ/с и π^- -мезонами с импульсом 4 ГэВ/с. Распределение протонных кластеров по переменной $b_{\alpha II}$, представляющей 4-скорость центра кластера относительно ядра-мишени, описывается зависимостью

$$W_1(b_{\alpha II})|_{b_{\alpha II} \gg 0,01} \rightarrow A/b_{\alpha II}^n$$

с параметром $n = 4$, причем значение этого параметра не зависит ни от типа взаимодействия, ни от 4-скоростей протонов в кластере b_k (для $b_k < 0,05$).

Проведен анализ размеров области излучения струй адронов в π^-p - и π^-C -взаимодействиях при $P_{\pi^-} = 40$ ГэВ/с и барионных кластеров в CC -взаимодействиях при $P = 4,2$ ГэВ/с на нуклон¹².

Струи адронов и кластеры выделялись релятивистски-инвариантным образом в пространстве b_{ik} , а размеры области генерации находились методом интерференционных корреляций. Показано, что размеры струй в области фрагментации пиона определяются величиной $r(\pi^-p) = (0,63 \pm 0,09)$ фм. Такой же размер имеет область генерации пионов и в e^+e^- -аннигиляции (рис. 2): $r(e^+e^-) = (0,65 \pm 0,04)$ фм. Интерференционные корреляции пионов в этой области не зависят также от массы ядра-мишени (p или C). Для фрагментации мишени область эмиссии в pC -взаимодействиях заметно больше. Для центральной области получено значение $r = (1,38 \pm 0,36)$ фм. Среднее значение быстроты для пионов из этой области близко к нулю в системе центра инерции π^-p . Быстротное распределение имеет симметричную форму с дисперсией около единицы.

Размеры области эмиссии протонов в барионных кластерах, выделенных в CC -взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон, совпадают в системе покоя кластера с размерами ядра углерода $r \approx (2,5 \pm 0,6)$ фм.

Обнаружение квазистационарных состояний сильновозбужденной ядерной материи является одной из центральных задач физики высоких энергий. Экспериментальные данные по CC -взаимодействиям, полученные на синхрофазотроне, показывают, что барионные кластеры в пространстве 4-скоростей могут быть результатом наложения многобарионных резонансов, т.е. наложения квазистационарных состояний с температурой $T_k \approx 135$ МэВ.

2. Продолжалось исследование и развитие метода интерференционных корреляций. Проанализирован вопрос о связи углового распределения вектора разности импульсов пары тождественных пионов с формой области и длительностью процесса генерации и предложены новые процедуры, позволяющие провести анализ экспериментальных данных¹³. Рассмотрены также методические вопросы, возникающие при исследовании двухчастичных корреляций протонов с близкими импульсами, и предложен новый метод учета экспериментальных условий при определении размеров области испускания протонов¹⁴.

3. Изучение корреляционных явлений в кумулятивном рождении частиц является естественным развитием программы по исследованию предельной фрагментации ядер и имеет целью получение дополнительной информации о механизме кумулятивных процессов. В эксперименте, выполнен-

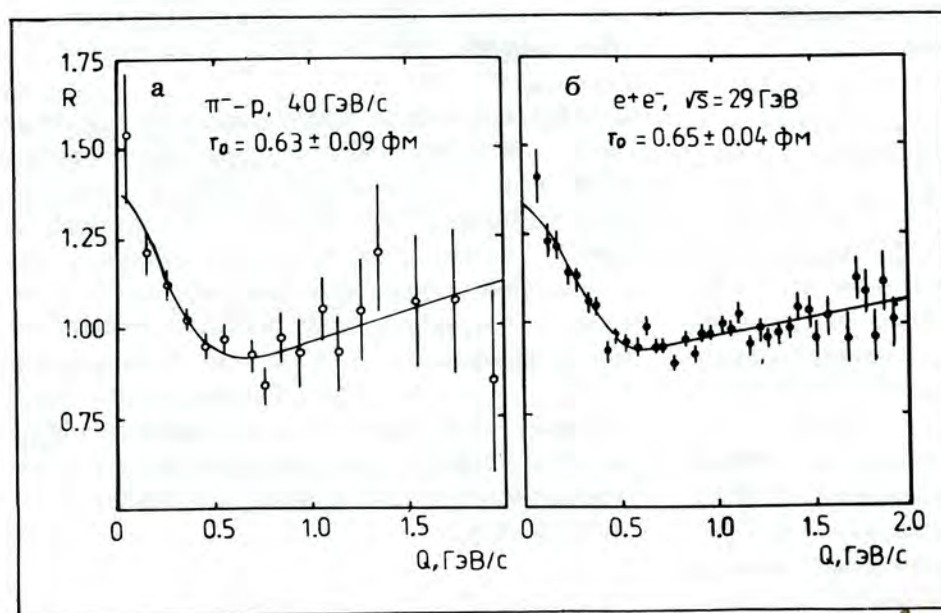
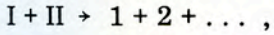


Рис. 2. Корреляционные распределения, полученные для пионов из области фрагментации пучка в π^-p -взаимодействиях (а) и для пионов из реакции e^+e^- -аннигиляции (б)

ном на двухплечевом магнитном спектрометре ДИСК-3, изучалась двухчастичная инклюзивная реакция



где I — первичные частицы (p, d — с импульсом 8,9 ГэВ/с, α -частицы с импульсом 17,8 ГэВ/с); II — ядра-мишени (${}^6\text{Li}$, Pb); 1,2 — регистрируемые установкой вторичные частицы (π , p, d)¹⁵. Двухчастичная корреляционная функция R_2 , определяемая как полное неупругое сечение σ_{in} взаимодействия частиц I и II, умноженное на отношение дважды инклюзивного сечения рождения частиц $E_1 E_2 d^2 \sigma / d\vec{p}_1 d\vec{p}_2$ в указанной реакции к произведению одночастичных инклюзивных сечений $E_1 d\sigma / d\vec{p}_1$, $E_2 d\sigma / d\vec{p}_2$ рождения частиц 1 и 2, измерена для $p\pi^-$ -системы в области эффективных масс, соответствующей рождению кумулятивных Δ -изобар ($p = 500$ МэВ/с, угол вылета — 90°). Величина R_2 в этой области равна $\sim 1,5$ для $p\pi^+$ -комбинаций как в $p\text{Pb}$, так и в αPb -взаимодействиях. В предположении, что сечение рождения Δ -изобар, как и сечение рождения стабильных кумулятивных частиц, экспоненциально зависит от кумулятивного числа:

$$E \frac{d\sigma}{dp} (A_I A_{II} \rightarrow \Delta + \dots) \sim A_\Delta \cdot \exp(-x/0,14),$$

получено ограничение на сечение рождения кумулятивных изобар $A_\Delta \lesssim 1,5 A_p$ (A_p — константа для рождения протонов).

4. Продолжалось исследование A-зависимости инклюзивного рождения π^0 -мезонов на установке МАССЕР. Впервые измерено инвариантное инклюзивное сечение реакции $\alpha C \rightarrow \pi^0 + \dots$ при импульсе 4,5 ГэВ/с на нуклон в зависимости от кумулятивного числа X и квадрата поперечного импульса p_\perp^2 ¹⁶. Зависимость от p_\perp^2 параметризуется функцией $d\sigma/dp_\perp^2 \sim \exp(a \cdot p_\perp^2)$ с параметром $a = (6,7 \pm 0,1) (\text{ГэВ/с})^{-2}$ в интервале $0 \leq p_\perp^2 \leq 0,32$ и $a = (10,4 \pm 0,1) (\text{ГэВ/с})^{-2}$ при $0,32 \leq p_\perp^2 \leq 0,82$. Зависимость от X параметризуется функцией $E d\sigma/dp \sim \exp(-X/X_0)$ с параметром $X_0 = 0,123 \pm 0,03$, что существенно отличается от данных, полученных в Беркли (США) для

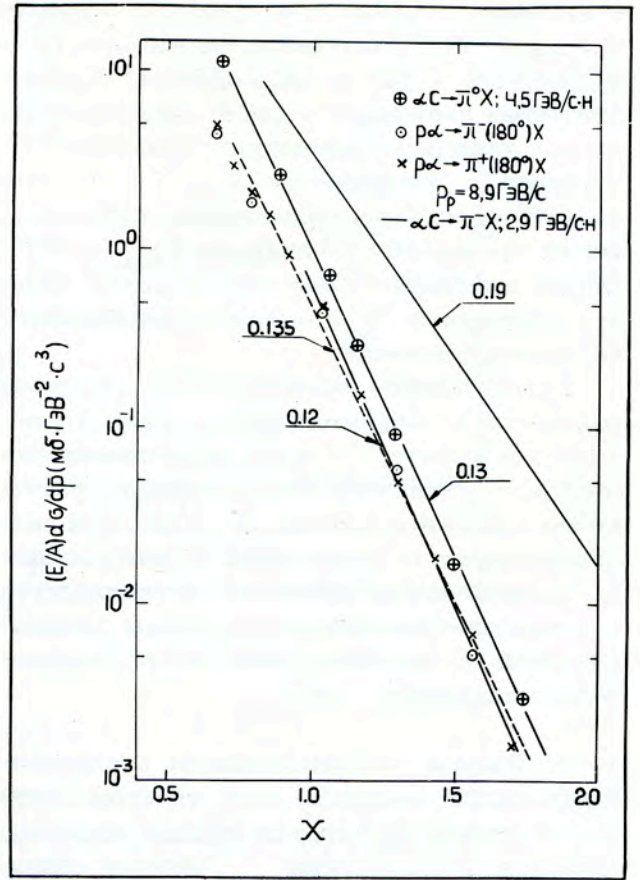


Рис. 3. Инвариантные инклюзивные сечения образования π^0 -мезонов в зависимости от степени кумулятивности

реакции $\alpha C \rightarrow \pi^0 + \dots$ при импульсе 2,9 ГэВ/с. С увеличением энергии наклон инвариантных сечений увеличивается и приближается к значению, полученному в экспериментах по кумулятивному рождению π^\pm -мезонов (рис. 3).

5. Исследована зависимость спектров π^- -мезонов от атомного веса ядра-снаряда в pC -, dC -, αC - и CC -взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон при фиксированных углах в интервале $0^\circ \div 180^\circ$ (в лаб. системе)¹⁷. Работа выполнялась на материалах, полученных с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры. Показано, что спектры пионов с кинетической энергией T выше 0,1 ГэВ и углом вылета $\theta_{\text{лаб.}} > 10^\circ$ экспоненциально спадают с ростом T и в указанных типах взаимодействий могут быть аппроксимированы функцией $\sigma_{inv} = A \cdot e^{-T/T_0}$. Значение параметра T_0 в пределах $10 \div 15\%$ ошибок не зависит от атомного веса ядра-снаряда в соответ-

ствующих угловых интервалах, начиная с $\theta_{\text{лаб.}} \geq 20^\circ$. Различие в форме спектров π^- -мезонов в рС- и ядро-ядерных взаимодействиях наблюдается для π^- -мезонов с малыми углами испускания. Значения T_0 убывают с увеличением $\theta_{\text{лаб.}}$ и от 20° до 130° и остаются практически постоянными на уровне $50 \div 60$ МэВ для $\theta_{\text{лаб.}} > 130^\circ$. Форма спектров π^- -мезонов оказалась мало чувствительной к степени центральности СС-взаимодействий.

Существенным образом от степени центральности СС-взаимодействий, как это показано в работе¹⁸, зависят распределения протонов. Эти экспериментальные факты не описываются каскадной моделью и свидетельствуют о проявлении в центральных СС-столкновениях эффектов, не сводящихся к совокупности нуклон-нуклонных взаимодействий с последующим перерассеянием в сталкивающихся ядрах.

6. Данные по центральным столкновениям более тяжелых, чем углерод, ядер при импульсе 4,1 ГэВ/с на нуклон получены методом фотоэмульсий¹⁹. Анализ столкновений ядер неона-22 с ядрами Аг, Вг показал, что для центральных, доля которых составляет $\sim 5,3\%$ от полного числа взаимодействий в фотоэмульсии, наблюдаются ряд особенностей (увеличение множественности вторичных частиц, флуктуации плотности релятивистских частиц по псевдобыстроте, наличие "особых" событий, в которых минимальный угол вылета релятивистских частиц $\theta > 7^\circ$), которые указывают на проявление коллективных процессов в ядро-ядерных взаимодействиях. Получены результаты по исследованию неупругих взаимодействий ядер кремния с ядрами фотоэмульсий при импульсе 4,5 ГэВ/с на нуклон²⁰.

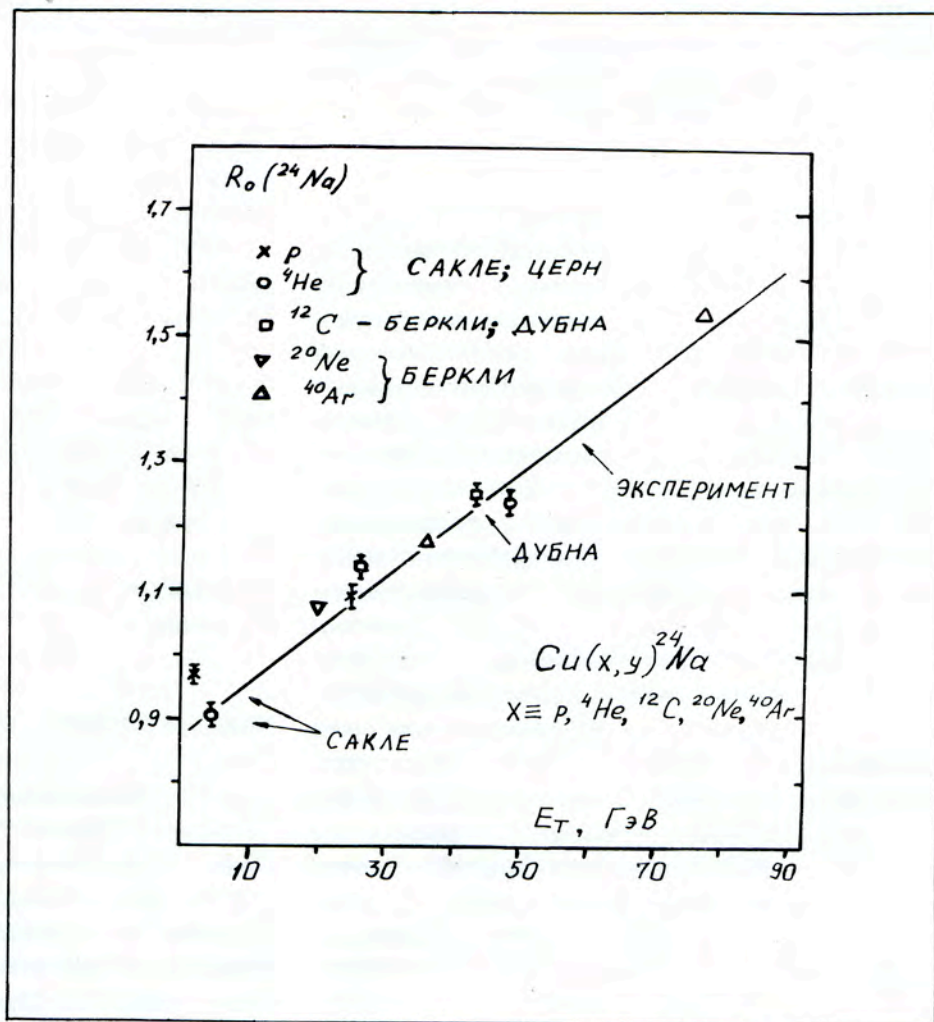
7. На спектрометре ГИБС для центральных столкновений $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$, $^{19}\text{F} + ^{24}\text{Mg}$, $^{24}\text{Mg} + ^{24}\text{Mg}$ при энергии 3,7 ГэВ на нуклон получены распределения по множественности π^- -мезонов и характеристики этих распределений²¹. Эти данные основаны на анализе 1583, 1557 и 2745 событий соответственно каждому из указанных типов взаимодействий. События отбирались триггером, логика которого соответствует запрету на вылет нуклонов-спектаторов ядра-

снаряда в пределах угла $2,4^\circ$. В случае MgMg-взаимодействий жесткость подавления неупругих столкновений при выборе центральных составила 4×10^{-4} .

8. На протяжении многих лет не ослабевает интерес к поведению волновой функции простейшего атомного ядра — дейтрона на малых расстояниях (меньше 1 фм). Большинство посвященных этому вопросу экспериментов выполнено на спектрометрах. Во всех экспериментах наблюдается превышение числа событий над расчетами, проведенными исходя из используемых обычно волновых функций дейтрона в области импульсов выше 200 МэВ/с в системе покоя ядра. В работе²², выполненной с помощью единой методики (однометровой жидководородной камеры), в условиях 4 π -геометрии исследованы реакции $pn \rightarrow p\pi^-$ и $dp \rightarrow p\pi^-$. Выбор этих реакций (с π^- -мезоном в конечном состоянии) позволяет существенно снизить вклад внутриядерного поглощения пионов. Авторы работы пришли к выводу, что при корректной методике отбора нуклонов-спектаторов их импульсный спектр может быть описан вплоть до 400 МэВ/с с использованием известных волновых функций, и на долю экзотических эффектов в области больших импульсов остается $\sim 1\%$ событий.

9. Получены данные по импульсным и угловым распределениям π^- -мезонов, образующихся в dС-взаимодействиях при энергии налетающего дейтрона 1 ГэВ/нуклон²³. При просмотре ~ 10 тыс. стереофотоснимков с двухметровой пузырьковой камеры обнаружено около 1800 событий с рождением π^- -мезона, из них 1524 взяты для последующего анализа. Вклад событий с образованием двух π^- -мезонов составляет $\sim 2\%$. Полное инклюзивное сечение рождения π^- -мезонов: $\sigma_{\pi^-}(\text{dC}) = (68,9 \pm 4,4)$ мб. Средний импульс $\langle p_{\pi^-} \rangle = (0,309 \pm 0,004)$ ГэВ/с, средний угол $\langle \theta_{\pi^-} \rangle = (57 \pm 1)^\circ$ и средний косинус $\langle \cos \theta_{\pi^-} \rangle = 0,473 \pm 0,013$. Максимум импульсного распределения приходится на интервал $0,1 \div 0,3$ ГэВ/с, в область импульсов $p_{\pi^-} \geq 700$ МэВ/с попадает $\sim 2,6\%$ событий. Средние импульсы π^- -мезонов, образованных в dС- и dp-взаимодействиях, практически не отличаются.

Рис. 4. Выход изотопа ^{24}Na в зависимости от полной энергии налетающего ядра



10. Продолжалась работа международной коллаборации Дубна — Лейпциг — Марбург — Страсбург по изучению аномального взаимодействия релятивистских фрагментов в ядро-ядерных соударениях на пучках ускорителей Сакле, Дубны, Беркли и ЦЕРНа.

С использованием активационной методики изучено поведение вторичных частиц и фрагментов ядер-снарядов, образующихся во взаимодействиях α -частиц, ядер углерода-12, неона-20 и аргона-40 с мишенями из меди^[24].

На рис.4 приведены отношения активностей изотопа натрия-24 как функции полной энергии налетающих ядер.

Высокоэнергетичные частицы и фрагменты, вылетающие в интервале углов $10 \leq \theta_{\text{лаб.}} \leq 45^\circ$, по-видимому, приводят к более высокому образованию изотопа натрия-24, чем это ожидается по феноменологической модели.

Для объяснения эффекта увеличения экспериментальных отношений выходов изотопа ^{24}Na необходимо предположить присутствие в спектре либо вторичных частиц с большими поперечными импульсами, либо вклада от распадов неизвестных резонансов, вносящих большие угловые моменты, либо рождение экзотических объектов с временами жизни $\sim 10^{-10}$ с.

11. Выполнена серия работ по изучению фрагментации ядра методом γ -спектроскопии. Определены зарядовые и массовые распределения ядер-остатков при облучении мишеней из алюминия, майлара и тантала ядрами углерода с энергией $3,65 \cdot A$ ГэВ и протонами^[25]. Измерены сечения радионуклидов, образованных в реакциях $^{12}\text{C} + ^{232}\text{Th}$ и $^{12}\text{C} + ^{238}\text{U}$ при той же энергии^[26]. Изучено образование ^{11}C в углеродных мишенях, облученных протонами, дейтронами, ядрами гелия и углерода^[27],

а также получены данные по сечениям образования остаточных ядер при взаимодействии дейтронов с энергией $3,65 \cdot A \cdot \text{ГэВ}$ с ядрами ^{93}Nd , ^{108}Ag , ^{159}Tb , ^{197}Au и $^{207,2}\text{Pb}^{128}$.

12. Выведен ряд следствий и сформулированы определенные предположения относительно особенностей взаимодействия релятивистских частиц, основанные на предложенной ранее концепции релятивистской длины. Показано, что эквипотенциальные поверхности релятивистского заряда имеют форму вытянутого в направлении движения эллипсоида вращения¹²⁹. Высказано мнение¹³⁰, что рост длины формирования позитрония обусловлен, в частности, релятивистским увеличением его продольного размера. Отмечается¹³¹, что пионное поле и поле векторных мезонов релятивистского нуклона ведут себя по-разному. С ростом энергии вклад векторного поля увеличивается, а при $\gamma \gtrsim 1,6 \cdot 10^2$ (γ -лоренц-фактор) становится доминирующим. В результате меняется характер периферических и центральных соударений. Растут сечения рождения ω - и ρ -мезонов, ожидается существенный вклад спиновых эффектов.

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. На уникальном пучке поляризованных дейтронов синхрофазотрона сотрудничеством "Альфа" продолжались исследования спиновой структуры дейтрона на малых расстояниях. Измерения тензорной анализирующей способности дейтрона $T_{20}(k)$ в реакции фрагментации под нулевым углом выстроенных дейтронов с импульсом 9 ГэВ/с продвинуты до рекордных значений внутреннего импульса нуклонов в дейтроне $k \approx 700 \text{ МэВ/с}^{132}$. На пучке векторно-поляризованных дейтронов проведены первые эксперименты по определению импульсной зависимости передачи поляризации от дейтрона к протону-фрагменту.

2. Исследованы спиновые эффекты в кумулятивном образовании протонов и дейтронов в протон-ядерных взаимодействиях при энергиях $16 \div 64 \text{ ГэВ}^{133}$. Эксперимен-

тальные данные получены с помощью спектрометра кумулятивных адронов (СКА). В указанной работе приведены результаты обработки полной статистики с демонстрацией зависимостей поляризации рожденных протонов от их импульса (q), угла вылета из мишени (θ), энергии протонов пучка (E) и от атомного номера ядра мишени (A). В качестве мишеней использованы ядра Be, C, Mo. Интервал регистрации по q : $505 < q < 1120 \text{ МэВ/с}$ — для протонов и $605 < q < 1220 \text{ МэВ/с}$ — для дейтронов. Зависимость поляризации от E выражена слабо. Наблюдается рост поляризации от $(3,3 \pm 2,1)\%$ до $(12,0 \pm 1)\%$ с изменением угла θ от 158° до 95° . А-зависимость проявляется в уменьшении поляризации с ростом атомного номера ядра мишени.

ЭКСПЕРИМЕНТ НА-4

Сотрудничеством Болонья — ЦЕРН — Дубна — Мюнхен — Сакле выполнен анализ структурной функции протона $F_2(x, Q^2)$ с высокой статистической точностью в экспериментах по глубоконепругому рассеянию мюонов на водородной мишени. Проведено сравнение нарушений скейлинга в структурной функции протона с предсказаниями пертурбативной модели КХД. Наблюдается превосходное согласие экспериментальных результатов с численными решениями эволюционных уравнений в лидирующем и в следующем за лидирующим порядках теории возмущений. Эти данные использованы для определения масштабного параметра Λ модели КХД как в подходе несинглетного по аромату приближения, так и при помощи суммы полного синглетного и несинглетного по аромату подходов. Выполнена оценка глюонного распределения в протоне¹³⁴.

ЭКСПЕРИМЕНТ ДЕЛФИ

В рамках совместного ОИЯИ — ЦЕРН эксперимента сотрудники лаборатории активно участвовали в проведении комплексных испытаний и запуске адронного калориметра установки ДЕЛФИ в подземном

зале LEP ЦЕРНа. Завершен первый физический сеанс, в котором зарегистрировано около 10 000 Z^0 -бозонов. Первые физические результаты опубликованы

ны в работе^{/35/}. Определены масса и ширина Z^0 и число поколений нейтрино из анализа конечных адронных состояний.

СОЗДАНИЕ НОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК, РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ

В 1989 г. продолжалась реализация проектов создания экспериментальных установок для работы на пучках синхрофазотрона и нуклотрона, У-70 и УНК ИФВЭ, а также LEP ЦЕРНа.

1. Большим методическим достижением является разработка и изготовление первых образцов микроstriповых детекторов со считывающей электроникой. Разработка этих детекторов велась в рамках создания вершинного детектора УКД для УНК. Исследования свойств детекторов показали их соответствие современному мировому уровню. Пространственное разрешение составляет 3 мкм. Изготовление образцов осуществлялось в сотрудничестве с советской промышленностью, освоившей передовую технологию создания самых современных координатных детекторов для физики высоких энергий.

2. По проекту "Парус — Нептун" выбран вариант струйной мишени непрерывного действия, разработана необходимая документация, изготовлена и испытана на пучках синхрофазотрона партия полупроводниковых детекторов, смонтирован спектрометрический тракт.

В результате изучения особенностей процесса накопления атомарного водорода и внесения ряда изменений в конструкцию элементов струйной мишени плотность стабилизированного атомарного поляризованного водорода повышена на два порядка и достигла $\sim 10^{16}$ ат./см³. Это позволяет удовлетворить требованиям, предъявляемым к параметрам мишени в установке "Парус — Нептун". Проведены также работы по созданию "теплой" (температура — 40 К) струйной поляризованной мишени.

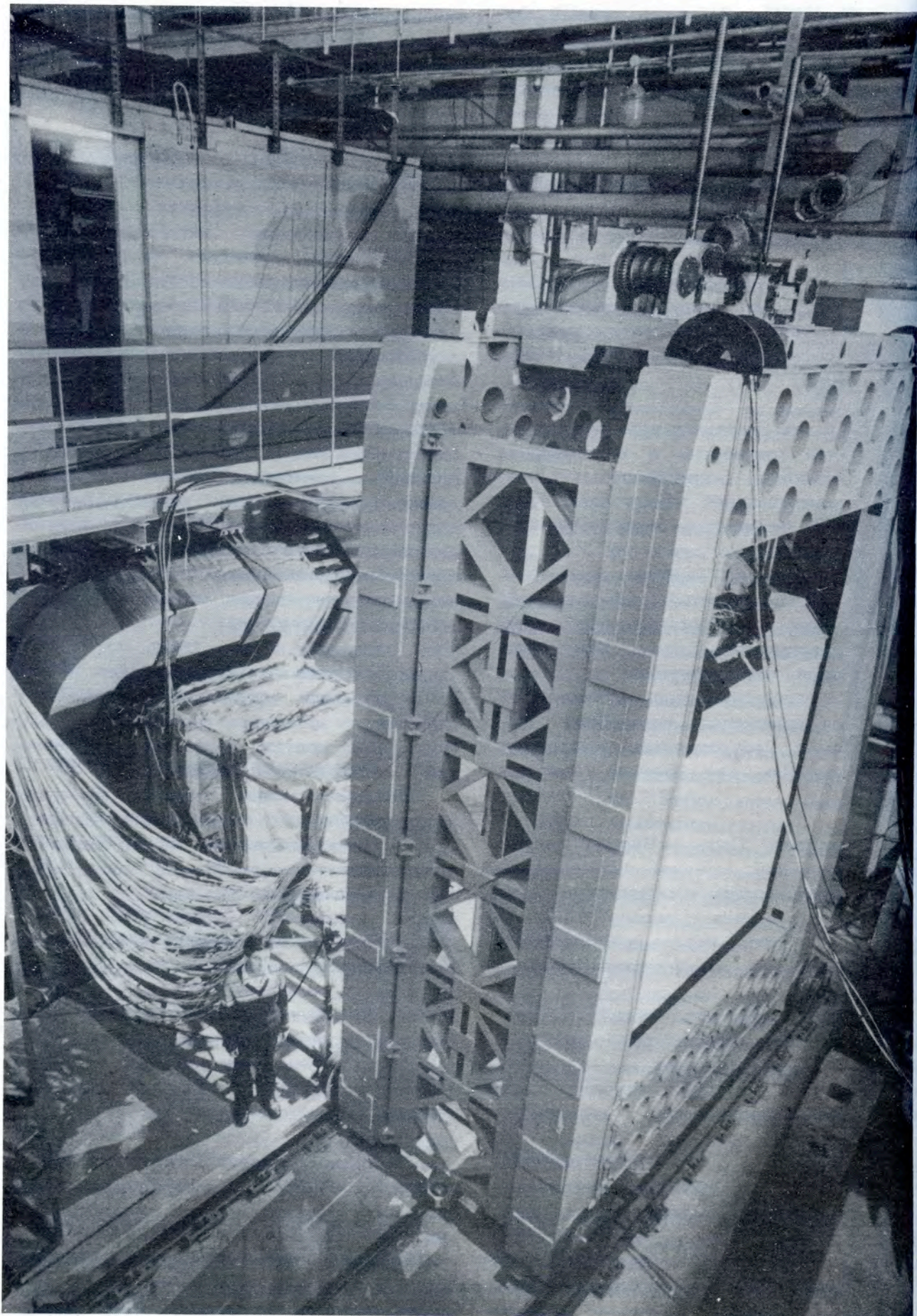
3. Собран и испытан на пучке π -мезонов с импульсом 37,5 ГэВ/с серпуховского ускорителя адронный калориметр комплекса "Меченые нейтрино"^{/36/}. В измерениях использовалась матричная сборка из 16 модулей, каждый из которых представляет собой сборку сцинтиллятор — железо размером 15 x 15 x 142 см³. Исследованы зависимости энергетического и пространственного разрешения от точки попадания частицы в калориметр. Проведены испытания черенковского счетчика. Подготовлены программы моделирования распадов К-мезонов для детекторов станции меченя и нейтринного детектора.

4. Получены первые фотографии с быстросциклирующей пузырьковой камеры — вершинного детектора спектрометра СВД. Проведены монтаж, включение и измерения топографии поля магнита МС-7А.

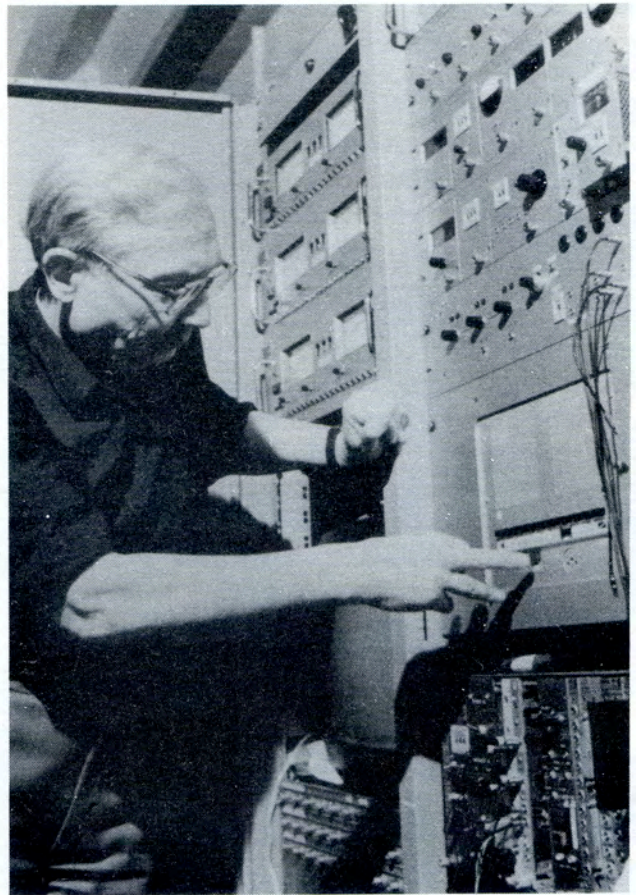
Предложен вариант триггера для выделения событий с очарованными частицами^{/37/}. В основе метода лежит известное кинематическое соотношение между массой распадающейся частицы и конусом разлета продуктов распада (чем больше масса, тем больше средний угол вылета). Моделирование событий с очарованными частицами и реальных событий при энергии пучка 70 ГэВ, зарегистрированных в пузырьковой камере "Мирабель", показало, что относительная доля событий с чармом возрастает за счет триггера примерно в 20 раз.

5. Отлажен устойчивый режим работы установки СЛОН при формировании импульсного магнитного поля с напряженностью ~ 30 Тл в объеме 3,0 x 2,5 x 7 см³^{/38/}.

Проведено три методических сеанса по облучению фотоэмульсий в сильном магнитном поле установки СЛОН пучка-



Запуск экспериментальной установки ОИЯИ "Спектрометр с вершинным детектором" (СВД) на пучке протонов U-70 в ИФВЭ (Протвино)



ми протонов, ядер углерода и кислорода с импульсом до 4,5 ГэВ/с на нуклон. Размеры облученных стопок фотоэмульсии: 2,5 x 1,5 x 7 см.

Разработан, изготовлен и отлажен набор блоков для стабилизации зарядного напряжения накопителя энергии на уровне лучше 1%^{/39/}.

6. В течение 1989 года в ЛВЭ смонтирована первая очередь переднего детектора установки "Сфера", включающая в себя 12 плоскостей сцинтилляционных годоскопов размерами 1 x 1 м с общим числом сцинтилляционных каналов 320, прослоенных мюонными железными поглотителями; комплекс электронной аппаратуры приема, обработки и представления данных в стандарте VME, FASTBUS и КАМАК, расположенный в экспериментальных домиках в корпусе № 250.

Этот комплекс аппаратуры предполагается использовать для получения оценок выхода кумулятивных мюонных пар, рожденных в тяжелой мишени релятивистскими дейтронами.

ЭЛЕКТРОНИКА, СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Разрабатывались аппаратура и системы в стандартах VME, FASTBUS. Реализован вариант системы сбора данных с использованием крейта VME в качестве управляющего, ЭВМ "Электроника-60", обеспечивающей сбор данных с ветви КАМАК по каналу прямого доступа, и ПЭВМ, работающей в качестве пульта управления и графической станции для установки "Сфера".

Разработаны принципиальные схемы ряда модулей VME: интерфейса магистрали VME с шиной ЭВМ ИЗОТ-1055С, контроллера и драйвера вертикальной шины VME.

Совершенствовались методика проектирования с использованием компьютерных средств и технология изготовления модулей FASTBUS. Создан стенд для наладки модулей FASTBUS с управлением от ПЭВМ "Правец-16". Разработаны и налажены интерфейс IBM PC — FASTBUS, универсальный

В январе 1990 года планируется проведение калибровочного сеанса на протонном пучке, в котором будет набрана информация по определению выхода мюонов.

7. Разработана система телевизионного контроля с элементами электронного просмотра событий на установке ГИБС, проведены исследования по усовершенствованию триггерной системы установки.

8. Создана экспериментальная зона в корпусе 1Б для установки "Памир". Проведен сеанс по изучению выхода аномальных фрагментов.

9. Получены двумерные распределения средних ионизационных потерь в электромагнитных ливнях, вызываемых γ -квантами с энергией $E_\gamma = 175, 1125, 2125, 3125$ и 3375 МэВ в жидком ксеноне^{/40/}. При этом использованы экспериментальные данные с 180 м ксеноновой пузырьковой камеры.

интерфейс FASTBUS, модуль индикации состояния шины, а также необходимое программное обеспечение. На установке "Сфера" проведены стендовые испытания системы FASTBUS с применением разработанных модулей, в частности быстрого АЦП и быстрого ВЦП при управлении от ПЭВМ "Правец-16". Изготовлен крейт FASTBUS с вентиляционной панелью и начата разработка многослойной магистрали этого крейта.

Рассмотрены структурные схемы организации многопроцессорных систем и их применение в системах сбора, обработки и анализа данных в физике элементарных частиц^{/41/}. Подготовлено предложение по триггеру высокого уровня универсального калориметрического детектора УНК на основе многопроцессорной системы параллельной обработки информации в стандартах FASTBUS и VME.



Измерительно-вычислительный центр ЛВЭ

2. Создан простой язык для записи, приема, накопления и представления данных с КАМАК-модулей 8-битовой микропроцессорной системы ЦЛАНП-270. Язык удовлетворяет минимальным требованиям для работы в реальном времени, имеет удобный интерфейс с потребителем: меню-редактор и отладчик; предусмотрена также возможность вызова потребительских подпрограмм на Ассемблере и Фортране⁴². Это решает задачу существенного сокращения времени, затрачиваемого на трансляцию и компоновку программ в системе автоматизации спектрометра "Альфа-3С".

3. Измерительно-вычислительный комплекс ЛВЭ обеспечил 5500 часов работы для пользователей, в том числе 1200 часов в режиме реального времени с установка-

ми. Значительным итогом года явилось введение в эксплуатацию новой ЭВМ ИЗОТ-1080. С этой целью выполнен большой объем работ по оснащению ее современными пакетами программ для обработки информации и моделирования физических процессов, а том числе CERN PROGAM LIBRARY, команды VAX CERN, пакеты HBOOK, ZEBRA, GEANT, HIGS и др., графическая система GKS. На основе поставленного пакета программ PAW введена в эксплуатацию графическая рабочая станция физика-аналитика. Ряд программ поставлен и обновлен на ЭВМ ЕС-10055С. Создан и введен в работу пакет программ представления на графопостроителе DGF-1208 печатных плат, спроектированных на ПЭВМ с помощью системы SMART.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСКОРИТЕЛЬНОЙ БАЗЫ. РАБОТА СИНХРОФАЗОТРОНА. СОЗДАНИЕ НУКЛОТРОНА

1. Одними из важных в области совершенствования ускорительного комплекса ЛВЭ являются работы по развитию и оснащению второго направления медленного вывода пучка (МВ-2) и созданию каналов в корпусе 1Б. В 1988 г. на синхрофазотроне был завершён монтаж устройств, обеспечивающих фокусировку выведенного пучка на втором направлении^{/43/}. В 1989 г. проведено исследование режимов вывода в диапазоне энергий $0,5 \div 2,5$ ГэВ/нуклон. Характер распределения магнитного поля на участке фокусировки обеспечивает оптимальные условия выведенного пучка до значения индукции главного магнитного поля $B = 0,55$ Тл. При больших значениях происходит увеличение размеров пучка на выходе ускорителя, однако его транспортировка осуществляется без потерь до значения индукции $B_0 = 0,8$ Тл. Эффективность МВ-2 выросла в 300 раз. Создана автоматизированная система контроля параметров МВ-2 и быстрого вывода^{/44/}.

Закончены монтаж и юстировка элементов магнитной оптики системы каналов на МВ-2 — проведена отладка каналов №№ 34, 37, 38, 40, 41 с пучками частиц. Ведётся облучение экспериментальных установок. Осуществляется монтаж автоматизированной системы контроля радиационной безопасности. Разработаны проекты и закончен монтаж ловушек на каналах № 38 и № 40, обеспечивающих поглощение пучков частиц с интенсивностью до 10^9 частиц/с.

Разработан, создан, исследован в стендовых условиях и на канале МВ-2 экспериментальный вариант аппаратуры нового поколения для измерений пространственных характеристик выведенного пучка при низких уровнях интенсивности ($10^0 \div 10^6$ частиц/с^{/45/}). В качестве детектора используется многопроволочная (30 x 30 нитей) пропорциональная камера в цифровом режиме. Рядом с камерой размещены усилители и формирователи сигналов, обеспечивающие передачу данных на расстояние 100 м. Регистрация данных производится с помощью модуля шестидесяти 16-разрядных счетчиков (ширина модуля — 1М). Управление работой счетчиков и обработка информа-

ции осуществляются микроЭВМ МП-4 в конструктиве КАМАК, совместимой с ЭВМ типа "Электроника-60". МП-4 в качестве периферийной ЭВМ входит в состав локальной вычислительной сети ускорительного комплекса. Информация отображается на экранах телевизионных мониторов в месте регистрации данных и на центральном пульте управления ускорителем.

Для абсолютных измерений интенсивности пучков, выводимых из синхрофазотрона, разработана и введена в действие система, использующая в качестве детектора ионизационные камеры, наполненные аргоном^{/46/}. Аппаратура позволяет проводить абсолютные измерения в диапазоне $10^5 \div 10^{12}$ однозарядных частиц в цикле.

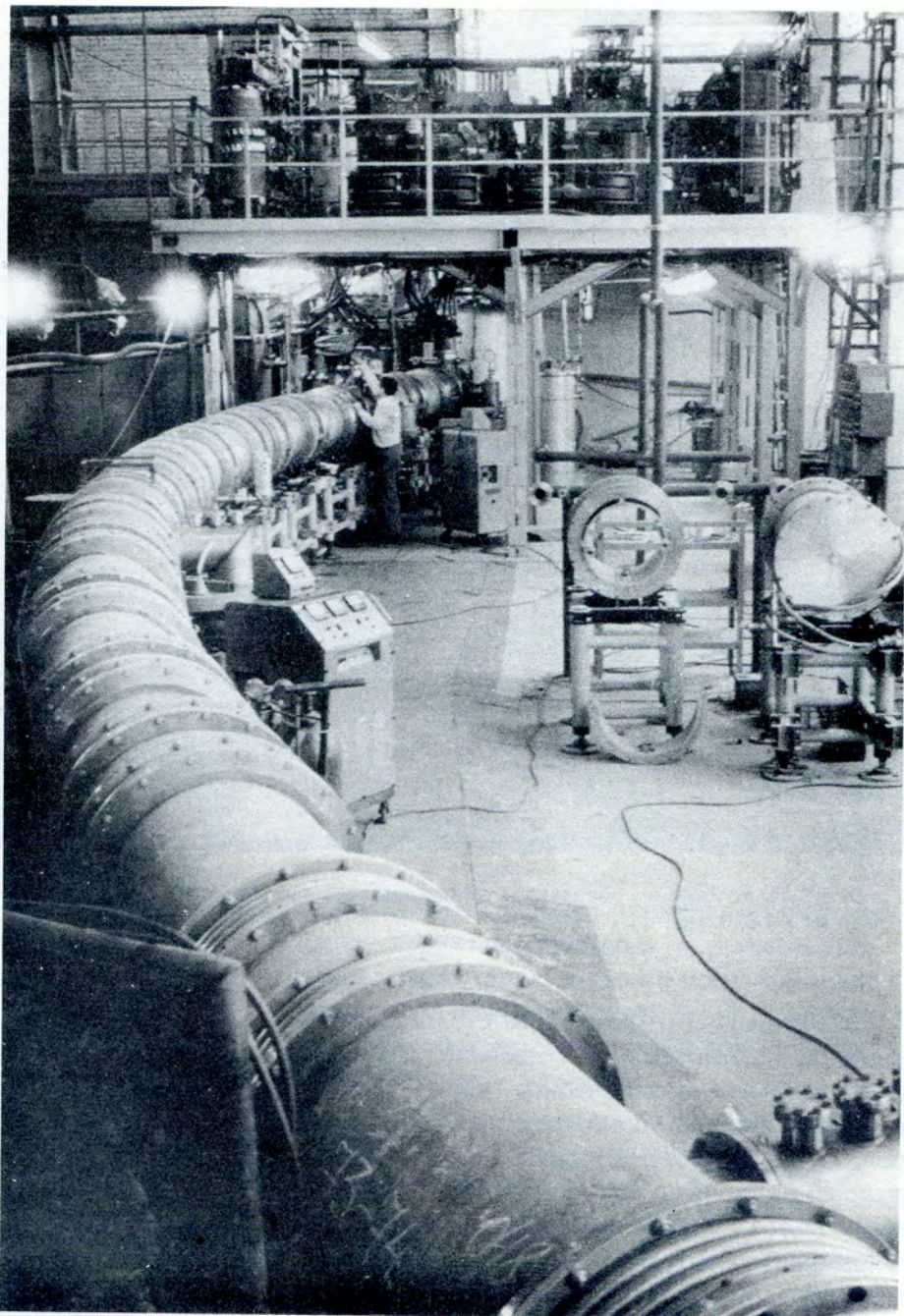
Продолжались работы по оснащению каналов пучков аппаратурой измерителей профилей и интенсивности.

На пульте управления каналами в корпусе № 205 введена в эксплуатацию ЭВМ СМ-2420. Создана библиотека программ по обработке информации с ПИК, цифровых пропорциональных камер (ЦПК) и координатных устройств. Создан пульт управления каналами в корпусе 1Б на базе ЭВМ МЕРА-60.

Сравнительно новым направлением в диагностике пучков заряженных частиц на ускорителях является использование систем на базе ПЗС-структур. Опробование макетного варианта системы для контроля профиля выведенного пучка показало, что один из недостатков работы структур ПЗС (прибор с зарядовой связью) — наличие темновых токов, приводящих к недопустимо высокому уровню шума. С целью уменьшения темнового тока в ПЗС необходимо понижать рабочую температуру структуры. Выполненные экспериментальные исследования показали, что уменьшение температуры от 290 до 250 К снизило темновой ток в 100 раз при использовании ПЗС-матрицы типа МАВ-1256 производства фирмы "Тесла" (ЧССР)^{/47/}.

В 1989 году синхрофазотрон отработал на физический эксперимент 3475 часов,

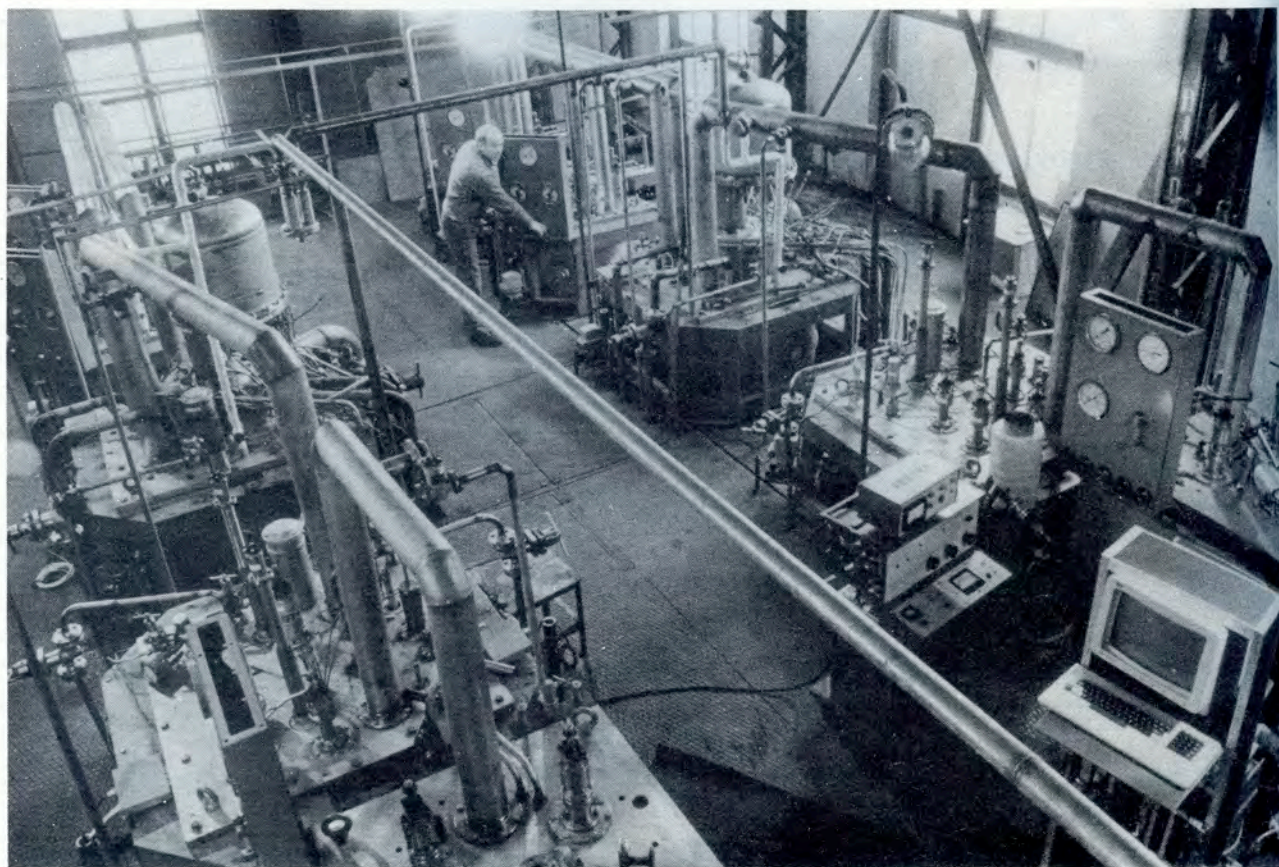
Октант (1/8 часть) магнитной системы нуклотрона на испытательном стенде



на совершенствование систем ускорителя затрачено 332 часа. Потребителями пучков были 20 групп физиков из ОИЯИ, стран-участниц Института и других стран, представляющих более сотни научных организаций в области физики элементарных частиц и атомного ядра.

2. Работы по созданию систем нуклотрона вступили в завершающую фазу. Наиболее ярким результатом 1989 г. явилось проведение испытаний октанта магнитной системы нуклотрона. На стенде

№ 9 была смонтирована одна восьмая часть полного кольца, включающая 12 дипольных магнитов, 4 квадрупольные линзы и 2 узла ввода жидкого гелия и тока. Система длиной более 30 м была охлаждена до температуры 4,7 К и испытана в режиме запитки магнитных элементов рабочим током ($I \approx 6$ кА). Испытания прошли успешно, программа недельного сеанса выполнена полностью. На фотографии виден октант магнитной системы нуклотрона во время испытаний на стенде № 9 в корпусе № 205 ЛВЭ.



Криогенный комплекс, созданный для эксплуатации сверхпроводящих систем нуклотрона на основе установки КГУ-1600/4,5

Завершены комплексные стендовые испытания более 80% дипольных магнитов, подготовлены механические узлы квадрупольных линз и мультипольных корректоров. Оптимизирована форма обмотки квадрупольной линзы, выполнены исследования выбранного варианта, изготовлено более половины обмоток квадрупольных линз. Прошли штатные испытания 15 готовых линз. В процессе испытаний дипольных магнитов проведены дополнительные экспериментальные исследования процессов их охлаждения и отогрева⁴⁸, получены данные по скорости распространения нормальной зоны в обмотке СП-магнита, необходимые для проверки достаточности схемы эвакуации энергии из магнитной системы нуклотрона⁴⁹.

Созданы магнитометрическая аппаратура и комплект калибровочных устройств к ней для исследования стационарных или медленноменяющихся магнитных полей в диапазоне $0,50 \div 10$ А/см с относительной погрешностью не более 1,5%⁵⁰ и проведены

исследования топографии остаточного магнитного поля в диполях нуклотрона в двух режимах: без тока размагничивания и при различных его значениях.

Осуществлены аналитические исследования бетатронного движения частиц в нуклотроне во втором приближении методом Крылова — Боголюбова. Разработана программа и проведено численное моделирование динамики пучка в реальных магнитных полях ускорителя⁵¹.

Совместно с ЛВТА выполнены численные расчеты магнитных полей инфлекторного септум-магнита, мультипольного корректора и септум-магнита Ламбертсона.

Большой объем работ выполнен по системе криогенного обеспечения. Смонтированы и налажены турбодетандерные агрегаты двух крупных ожижителей гелия — установок КГУ-1600/4,5, внешние гелиевые коммуникации, соединяющие криогенную станцию и здание компрессорной. Осуществлены пробные пуски системы.

Испытан в полном динамическом режиме модуляции частоты комплекс оборудования ускоряющей станции.

Выполнен прогон длительностью 2000 ч усовершенствованных преобразователей тока для системы питания магнитов нуклотрона.

Разработаны и частично изготовлены элементы системы вывода пучка из нуклотрона: узел электростатического септума, секции магнитов Ламбертсона, секстипольная линза.

Создана локальная вычислительная сеть (ЛВС), состоящая из одиннадцати компьютеров. ЛВС включает в себя центральную вычислительную машину СМ-2420 и ЭВМ типа МЭРА-685 и МЭРА-60. На ее базе развивается измерительно-вычислительный комплекс синхрофазотрона и создается АСУ нуклотрона. В рамках сети созданы и запущены пусковые минимумы подсистем инжектора и вывода пучка АСУ нуклотрона. В сеансах работы экспериментального стенда № 9 эксплуатируется опытный вариант аппаратуры для управления циклом магнитного поля структурных элементов нуклотрона. Разработана и находится в стадии изготовления подсистема управления мультипольными корректорами магнитного поля.

Выполнен ряд проработок и стендовых исследований элементов криогенного элект-

ронно-лучевого ионизатора КРИОН. Завершено создание стенда для отработки и испытаний системы электростатического ввода пучка в нуклотрон.

3. Рассмотрены пути дальнейшего развития ускорительного комплекса лаборатории¹¹. При этом ближайшей задачей является развитие инжекционного комплекса нуклотрона с целью существенного повышения интенсивностей и обеспечения возможностей эффективного ускорения как имеющихся пучков, так и пучков более тяжелых ядер вплоть до урана.

В рамках подготовки технического задания на проектирование супернуклотрона проанализированы основные требования и ограничения на параметры систем установки и сооружений. Показано¹⁵², что в одном тоннеле с супернуклотроном хорошо совмещается линейный ускоритель-рециркулятор, способный обеспечить непрерывный пучок электронов с энергией более 4 ГэВ и током $150 \div 200$ мкА. Ускорительный комплекс, располагающий пучками ядер вплоть до урана с энергией от 6 до 60 ГэВ на нуклон и пучками электронов с указанными выше параметрами с возможностью проведения экспериментов как с фиксированными мишенями, так и на встречных ядро-ядерных и электрон-ядерных пучках, аналогов в мире не имеет.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.

РАБОТЫ ПО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ

1. Разработан и исследован на пучке нейтронов реактора ИБР-2 макет детектора тепловых нейтронов ($\lambda = 6 \text{ \AA}$). Детектор выполнен на основе многопроволочной пропорциональной камеры, содержащей смесь $^3\text{H} + \text{C}_3\text{H}_8$ под давлением ~ 4 атм. Чувствительная площадь детектора — 256×128 мм², пространственное разрешение ~ 2 мм (FWHM), эффективность регистрации $\sim 80\%$.

2. Разработки автоматизированных позиционно-чувствительных детекторов ионизирующих излучений — традиционное для ЛВЭ направление. Краткий обзор основных

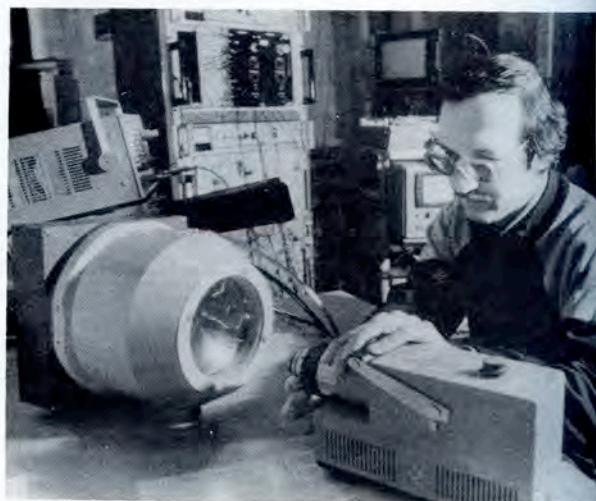
новых систем дан в работе¹⁵³. В частности, новой является конструкция детектора на основе ПЗС-матрицы. Такой детектор может быть применен для структурных исследований белков с помощью синхротронного излучения¹⁵⁴.

3. Создан макет детектора для регистрации синхротронного излучения, предназначенного для исследований больших молекул белков и вирусов с помощью синхротронного излучения.

4. Измерены зависимости $I_c(t)$, $R(T)$ и T_c образцов керамики $\text{Bi} - \text{Sr} - \text{Ca} - \text{Cu} - \text{O}$

Новый детектор мягкого рентгеновского излучения, разработанный в ЛВЭ, предназначен для исследования белков и вирусов

до и после облучения в воздухе при 300 К протонами с энергией 650 МэВ^{1/55}. Других опубликованных данных о радиационной стойкости Вi-керамик пока нет. Один из образцов показал радиационную стойкость лучшую, чем свойственная иттриевой керамике.



ЛИТЕРАТУРА

1. Предложения по программе Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований в 1991 – 95 гг. Сборник аннотаций проектов. ОИЯИ, P1,2-89-631, Дубна, 1989.
2. Алеев А.Н. и др. – ОИЯИ, Д1-89-398, Дубна, 1989.
3. Алеев А.Н. и др. – ОИЯИ, Д1-89-642, Дубна, 1989.
4. Алеев А.Н. и др. – ОИЯИ, Д1-89-345, Дубна, 1989.
5. Емельяненко В.Н. и др. – В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 6 (39)-89, Дубна, 1989, с.5.
6. Glagolev V.V. et al. – JINR, E1-89-246, Dubna, 1989.
7. Shahbazian V.A. et al. – In: JINR Rapid Commun., No. 5(38)-89, Dubna, 1989, p.5.
8. Батюня Б.В. и др. – ОИЯИ, P1-89-556, Дубна, 1989.
9. Батюня Б.В. и др. – ОИЯИ, P1-89-519, Дубна, 1989.
10. Ангелов Н. и др. – В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 5 (38)-89, Дубна, 1989, с.11.
11. Кечечян А.О., Шахбазян Б.А. – В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 2 (35)-89, Дубна, 1989, с.5.
12. Гришин В.Г. и др. – ОИЯИ, P1-89-639, Дубна, 1989.
13. Ледницки Р., Подгорецкий М.И. – ОИЯИ, P2-89-737, Дубна, 1989.
14. Плюта Я. – ОИЯИ, P1-89-247, Дубна, 1989.
15. Аверичев Г.С. и др. – В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 4 (37)-89, Дубна, 1989, с.5.
16. Абрамян Х.У. и др. – ОИЯИ, P1-89-240, Дубна, 1989.
17. Агакишиев Г.Н. и др. – ОИЯИ, P1-89-793, Дубна, 1989.
18. Агакишиев Г.Н. и др. – ОИЯИ, P1-89-483, Дубна, 1989.
19. Андреева Н.П. и др. – ОИЯИ, P1-89-213, Дубна, 1989.
20. Амеева Б.У. и др. – ОИЯИ, P1-89-560, Дубна, 1989.
21. Аникина М.Х. и др. – В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 1 (34)-89, Дубна, 1989, с.12.
22. Глаголев В.В. и др. – ОИЯИ, P1-89-584, Дубна, 1989.
23. Вирясов Н.М. и др. – ОИЯИ, P1-89-511, Дубна, 1989.
24. Brandt R. et al. – JINR, E1-89-803, Dubna, 1989.
25. Kozma P. et al. – JINR, E1-89-252, Dubna, 1989.
26. Kozma P. et al. – JINR, E1-89-482, Dubna, 1989.
27. Kozma P. et al. – JINR, E1-89-145, Dubna, 1989.
28. Дамдинсурен и др. – ОИЯИ, P1-89-757, Дубна, 1989.
29. Стрельцов В.Н. – ОИЯИ, P2-89-695, Дубна, 1989.
30. Стрельцов В.Н. – ОИЯИ, P2-89-689, Дубна, 1989.
31. Беляков В.А., Стрельцов В.Н. – ОИЯИ, 1989.
32. Ableev V.G. et al. – In: Proc. Int. Conf. on Perspectives in Nuclear Physics at Intermediate Energies. World Scientific, Singapore, 1989, p.189.

33. Беляев И.М. и др. – ОИЯИ, P1-89-463, Дубна, 1989.
34. Benvenuti A.C. et al. – JINR, E1-89-541, Dubna, 1989.
35. Aarnio P. et al. – CERN-EP 89-134, Geneve, 1989.
36. Алеев А.Н. и др. – ОИЯИ, P1-89-434, Дубна, 1989.
37. Богуславский И.В., Тахтамышев Г.Г. – ОИЯИ, P1-89-219, Дубна, 1989.
38. Аверичев С.А. и др. – ОИЯИ, P1-89-649, Дубна, 1989.
39. Буриев Н.Т. и др. – ОИЯИ, P13-89-209, P13-89-458, P13-89-459, Дубна, 1989.
40. Slovinski V. – JINR, E1-89-658, E1-89-676, Dubna, 1989.
41. Колпаков И.Ф. – ОИЯИ, P11-89-691, Дубна, 1989.
42. Нагайцев А.П. и др. – ОИЯИ, P10-89-595, Дубна, 1989.
43. Иссинский И.Б. и др. – ОИЯИ, 9-89-158, Дубна, 1989.
44. Баландиков А.Н. и др. – ОИЯИ, P10-89-196, Дубна, 1989.
45. Баландиков А.Н. и др. – ОИЯИ, P10-89-365, Дубна, 1989.
46. Баландиков А.Н. и др. – ОИЯИ, P10-89-197, Дубна, 1989.
47. Цамбел В., Дацков В.И. – ОИЯИ, 8-89-657, Дубна, 1989.
48. Владимиров Н.М. и др. – ОИЯИ, 8-89-210, Дубна, 1989.
49. Дьячков Е.И. и др. – ОИЯИ, 9-89-467, Дубна, 1989.
50. Воеводин М.А. и др. – ОИЯИ, P9-89-846, Дубна, 1989.
51. Михайлов В.А., Щепунов В.А. – ОИЯИ, 9-89-487, Дубна, 1989.
52. Коваленко А.Д. – ОИЯИ, P9-89-26, Дубна, 1989.
53. Заневский Ю.В. и др. – 18-89-552, Дубна, 1989.
54. Васильев С.Е. и др. – ОИЯИ, P13-89-501, Дубна, 1989.
55. Дробин В.М. и др. – ОИЯИ, P14-89-111, Дубна, 1989.