

1005

Д
У
Б
Н
А

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

СЗМ
0-292

с. 92. 2067

О Т Ч Е Т
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 1965 ГОДУ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1966

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объединенный институт ядерных исследований имеет своей целью:

обеспечение совместного проведения теоретических и экспериментальных исследований в области ядерной физики учеными государств - членом Института;

содействие развитию ядерной физики в государствах - членах Института путем обмена опытом и достижениями в теоретических и экспериментальных исследованиях;

поддержание связи с заинтересованными национальными и международными научно-исследовательскими и другими организациями в деле развития ядерной физики и изыскания новых возможностей мирного применения атомной энергии;

содействие всестороннему развитию творческих способностей научно-исследовательских кадров государств - членом Института.

Всею своей деятельностью Институт будет содействовать использованию ядерной энергии только для мирных целей на благо всего человечества .

Устав ОИЯИ, глава II

Научно-исследовательская, методическая и научно-организационная деятельность Объединенного института ядерных исследований в 1965 году проводилась в соответствии с планами, утвержденными Ученым Советом ОИЯИ на его XVII сессии:

- планами научно-исследовательских и методических работ лабораторий;
- планом сотрудничества и совместных работ, проводимых ОИЯИ и институтами стран-участниц;
- планом поездок сотрудников ОИЯИ в страны-участницы.

При утверждении планов научно-исследовательских и методических работ лабораторий Ученый Совет отметил как наиболее важные следующие направления:

по Лаборатории высоких энергий

1. Исследование упругого рассеяния частиц в широком интервале энергий и углов.
2. Исследование резонансных взаимодействий частиц.
3. Исследование редких распадных процессов К-мезонов.
4. Продолжение работ по созданию в лаборатории измерительного центра и комплекса аппаратуры, необходимой для полной автоматизации обработки камерных фотографий.
5. Запуск двухметровой пропановой камеры в 3-Гэвном антипротонном канале и получение на ней экспериментального материала.
6. Запуск однометровой жидководородной пузырьковой камеры.
7. Запуск 5-Гэвного антипротонного канала.
8. Продолжение работ по созданию двухметровой жидководородной пузырьковой камеры.
9. Продолжение перспективных работ по повышению интенсивности ускоренного пучка и совершенствованию работы синхрофазотрона. Основой этого направления деятельности лаборатории является продолжение работ по созданию нового сильноточного инжектора синхрофазотрона - линейного ускорителя с жесткой фокусировкой.
10. Продолжение исследовательских и подготовительных работ по выводу ускоренного пучка протонов из ускорителя, в направлении которого запланировано сооружение нового измерительного павильона.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В 1965 году научно-исследовательская деятельность ЛВЭ в соответствии с планом работ Лаборатории, утвержденным Ученым Советом ОИЯИ, проводилась по следующим направлениям.

Исследования упругого рассеяния частиц больших энергий

1) Упругое pp -рассеяние на малые углы. Эти исследования проводились совместно ЛВЭ и лабораториями НРБ, МНР и ЧССР и в настоящее время в основном завершены. Получены детальные экспериментальные данные о свойствах дифференциальных сечений упругого pp -рассеяния в области интерференции кулоновского и ядерного рассеяний. Анализ этих данных позволил получить сведения о свойствах и энергетическом поведении отношения α_{pp} реальной и мнимой частей амплитуды упругого pp -рассеяния в интервале энергий от 2 до 10 ГэВ (рис. 1). Найдено соответствие этих данных предсказаниям теории дисперсионных соотношений. В настоящее время совместно с ЛЯП ОИЯИ и лабораториями ЧССР осваивается методика регистрации протонов отдачи с помощью полупроводниковых детекторов, что является важным этапом в подготовке к проведению опытов по этой проблеме на 70-ГэВном ускорителе ИФВЭ в Серпухове. На рис. 2 представлены энергетические распределения протонов отдачи, полученные с помощью полупроводниковых детекторов. Полупроводниковые детекторы были использованы также при исследованиях pp - и pd -рассеяния на малые углы при энергии протонов 4 ГэВ (рис. 3). Результаты показали высокую надежность метода и возможность существенного улучшения экспериментальных данных.

2) Работа по детальному исследованию pd -рассеяния на малые углы с целью получения информации об амплитуде pp -рассеяния была начата в 1965 году. Облучения с фотоэмульсионными детекторами проведены при энергиях 1, 2, 4, 6, 8 и 10 ГэВ. Анализ рассеяния при энергиях 2 и 10 ГэВ производился в Дубне, при энергиях 1 и 6 ГэВ - в Болгарии, при энергии 8 ГэВ - в Чехословакии, при 4 ГэВ - в Монголии и ДРВ. Были измерены дифференциальные сечения упругого pd -рассеяния при всех энергиях, указанных выше (с несколько меньшей статистикой - при 1 ГэВ). При этом всего было зарегистрировано 220000 случаев упругого pd -рассеяния. Проведенные измерения позволили определить реальную часть амплитуды pd -рассеяния при энергиях 2, 6, 8 и 10 ГэВ и извлечь из этих данных сведения о величине реальной части амплитуды pp -рассеяния.

Реальная часть амплитуды pp -рассеяния в этой области энергий (в рамках принятой глауберовой модели дейтрона) имеет примерно ту же величину и тот же знак, что

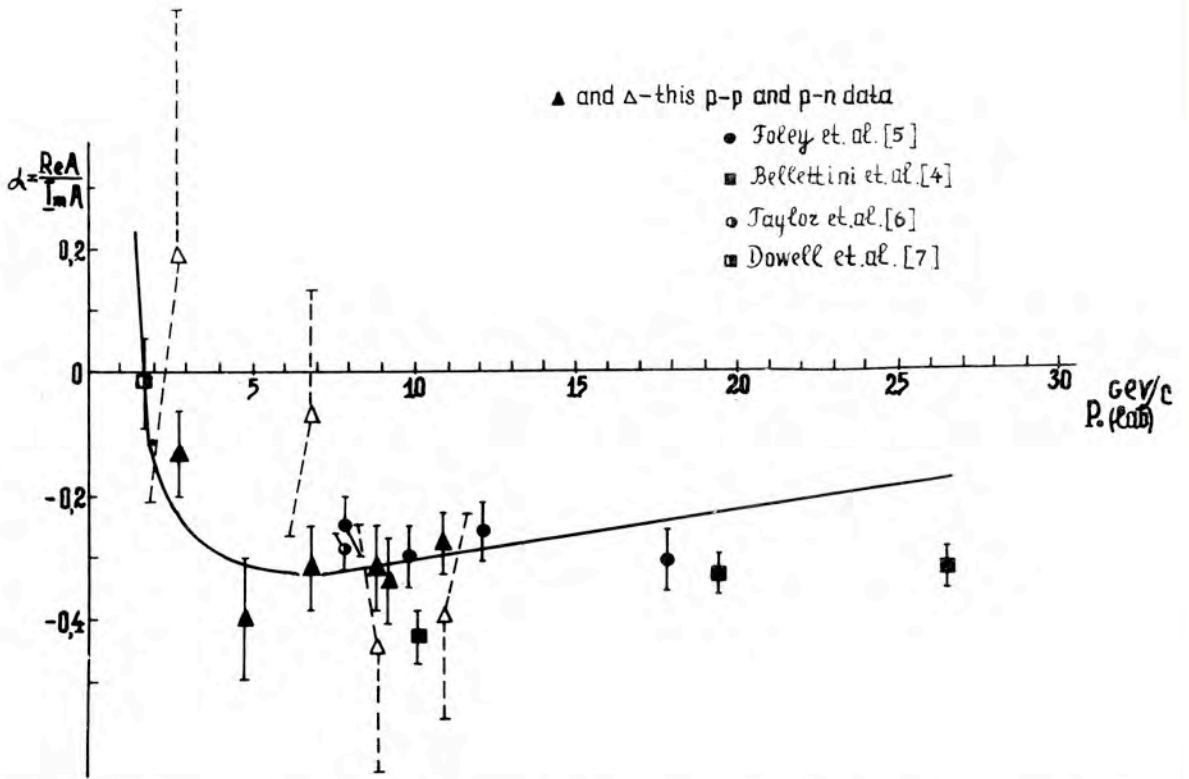


Рис. 1. Зависимость отношения вещественной части амплитуды рассеяния вперед к мнимой от энергии для pp - и pn -рассеяний; \blacktriangle и \triangle - данные ЛВЭ для pp - и pn -рассеяний, соответственно.

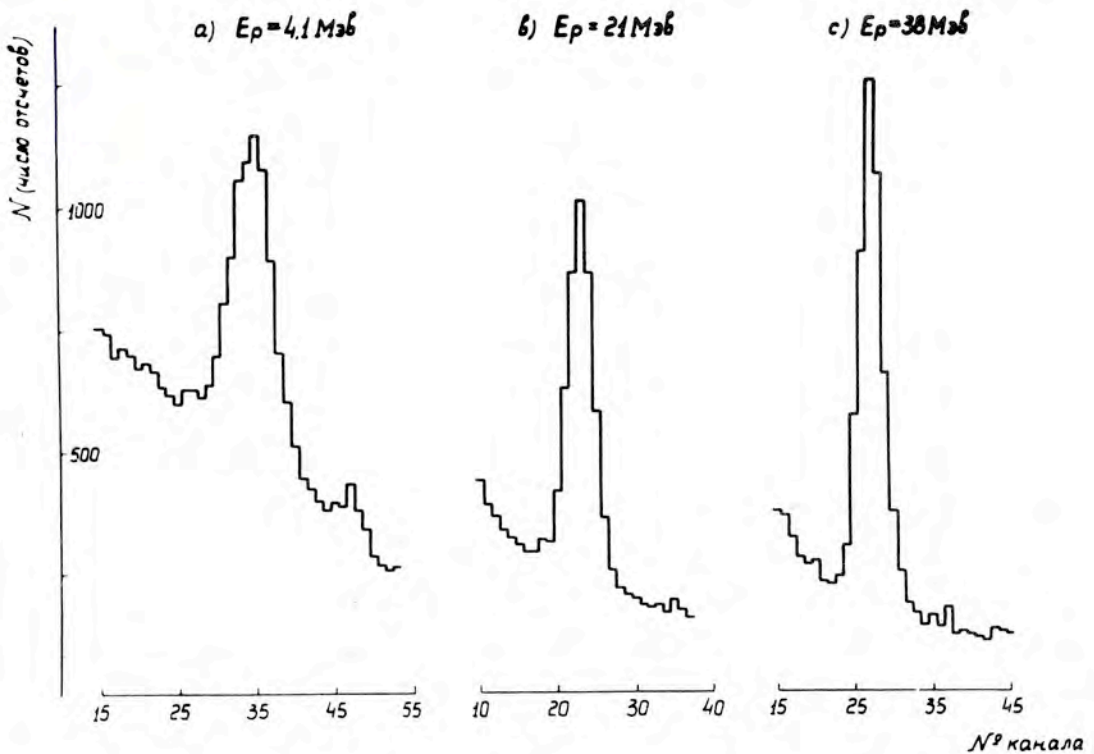


Рис. 2. Энергетические спектры частиц, вылетающих из мишени $(\text{CH}_2)_n$ под углами, где энергии протонов отдачи в реакции упругого рассеяния равны: а) 4,1 МэВ, б) 21 МэВ, в) 38 МэВ.

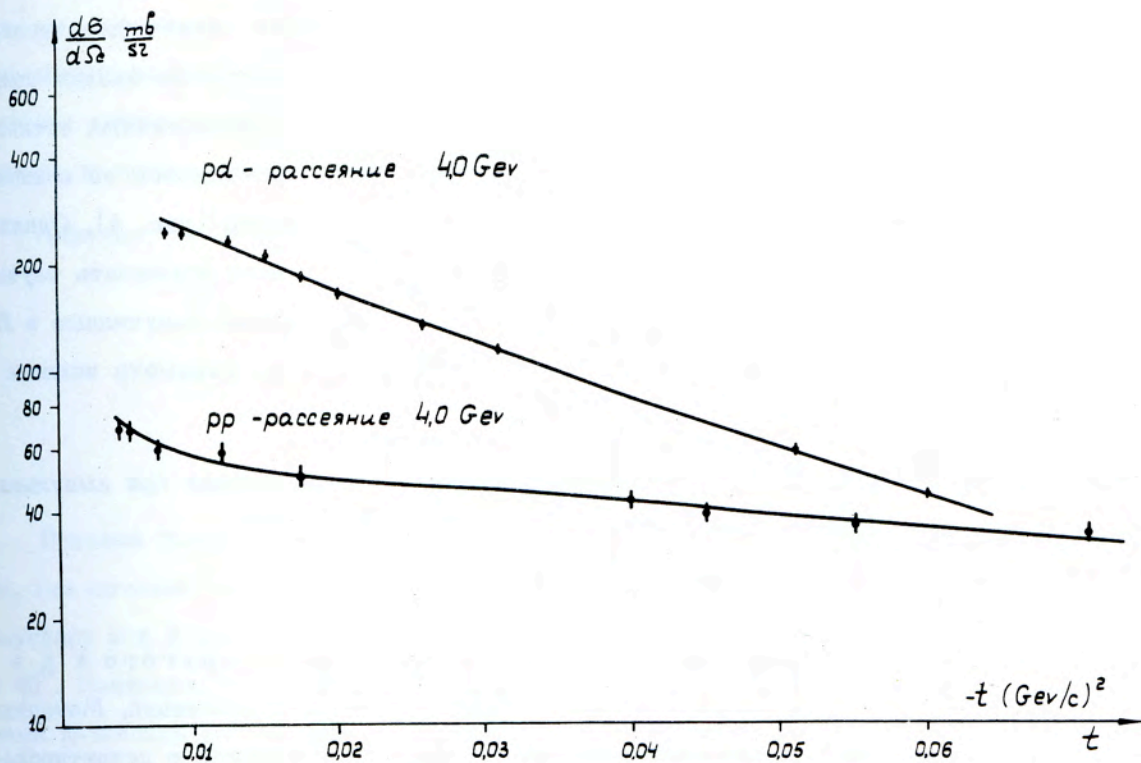


Рис. 3. Дифференциальные сечения pp -и pd -рассеяния, измеренные с помощью полупроводниковых детекторов.

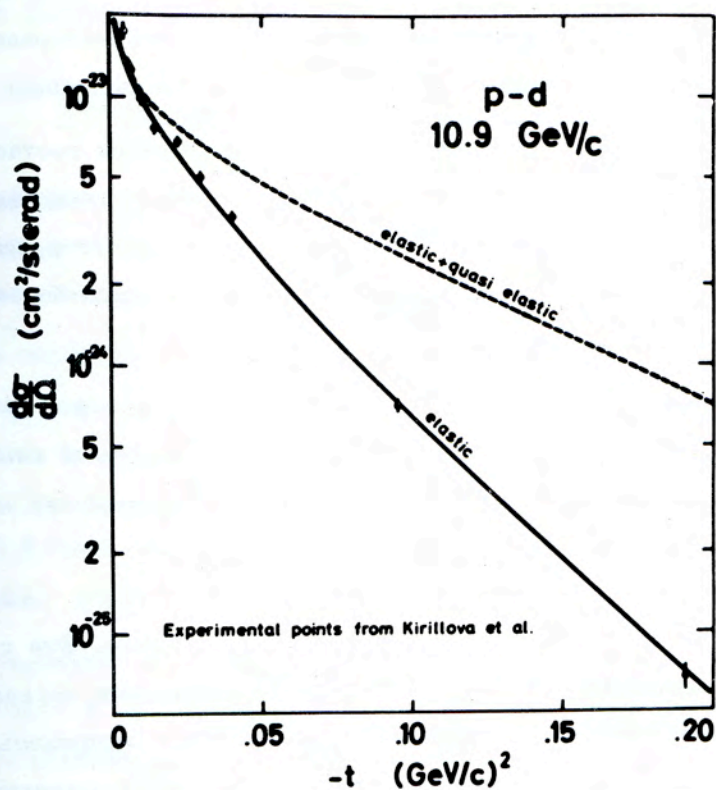


Рис. 4. Кривые дифференциального сечения pd -рассеяния, характеризующие разрешение перновской (пунктирная кривая) и дубненской (сплошная кривая) установок для измерения упругих процессов в области высоких энергий.

и в амплитуде pp -рассеяния (рис. 1). По результатам совместной работы перечисленных выше групп был представлен доклад на Оксфордскую конференцию по физике высоких энергий. На этой же конференции были доложены результаты аналогичных исследований, выполненных в ЦЕРНе. Исследования pd -рассеяния проводились на внешнем пучке протонов с импульсом 19,3 Гэв/с с помощью искровых камер (рис. 4). Однако несовершенство методики, примененной в этих опытах, не позволило исключить случаи pd -рассеяния, связанные с развалом дейтрона. По этой причине полученные в ЛВЭ дифференциальные сечения существенно отличаются от черновских: параметр наклона дубненских кривых намного больше.

Авторы делают оценку реальной части амплитуды pp -рассеяния при импульсе 19,3 Гэв/с и приходят к аналогичному выводу:

$$a_{pd} \approx a_{pp} \approx 0,3.$$

3) Исследование дифференциального сечения упругого π^-p -рассеяния в области интерференции кулоновского и ядерного рассеяний. Методикой облучения камеры Вильсона в высокоинтенсивном пучке π^- -мезонов с детектированием протонов отдачи этот процесс изучен при импульсе π^- -мезонов 3,5 Гэв/с. В интервале $1,22 \cdot 10^{-3} \leq t \leq 4,22 \cdot 10^{-3}$ (Гэв/с)² исследовано поведение сечения и найдена величина отношения реальной и мнимой частей амплитуды рассеяния $a^{\text{эксп.}}$:

$$a_{\pi^-p}^{\text{эксп.}} = - (0,32_{-0,13}^{+0,18}).$$

Результаты этой работы были доложены в Ереване и Оксфорде (1965 г.). В настоящее время завершается обработка материала, и статистическая точность будет существенно улучшена. Предварительно получено:

$$a_{\pi^-p}^{\text{теор.}} = - (0,29_{-0,09}^{+0,11}) \quad (\text{рис. 5}).$$

Расчеты по дисперсионным соотношениям дают $a_{\pi^-p}^{\text{теор.}} = - 0,165 - 0,135$. Поскольку речь идет о проверке фундаментальных положений современной теории, исследования в этом направлении будут продолжены при других энергиях как старой методикой, так и, возможно, с помощью более совершенной методики с использованием искровых камер.

4) С целью изучения процесса перезарядки в π^-p -взаимодействиях при 3,5 Гэв/с проведено облучение систем искровых камер и счетчиков разработанных совместно лабораториями ПНР, ЧССР и ЛВЭ. Обработка материалов облучения заканчивается в Варшаве и Праге.

5. Измерение сечений упругого π^+p -рассеяния на 180° при импульсах π^+ -мезонов, равных 3,15, 4,10 и 4,85 Гэв/с. Эта серия труднейших работ, важных для понимания механизма реакций с большими передаваемыми импульсами, впервые была начата ЛВЭ. Исследования проводились с использованием систем сцинтилляционных и черенковских счетчиков и искровых камер с магнитным спектрометром и жидководородной мишенью (рис. 6). Детектировались как протон отдачи, так и рассеянный назад π^+ -мезон. Спектры импульсов протонов отдачи от упругого

$\pi^+ p$ - рассеяния на 180° при импульсе 3,15 Гэв/с, экспериментально полученный (гистограмма) и ожидаемый (сплошная кривая), приведены на рис. 7. Получены следующие значения дифференциальных сечений упругого $\pi^+ p$ -рассеяния на углы $\approx 180^\circ$ в интервале косинуса угла рассеяния от $-0,998$ до $-1,00$.

Импульс π^+ -мезона	$\frac{d\sigma}{d\Omega} (\pi^+ p)_{180^\circ}$
Гэв/с	мбарн/стерад
3,15	99 \pm 12
4,10	74 \pm 11
4,85	37 \pm 12

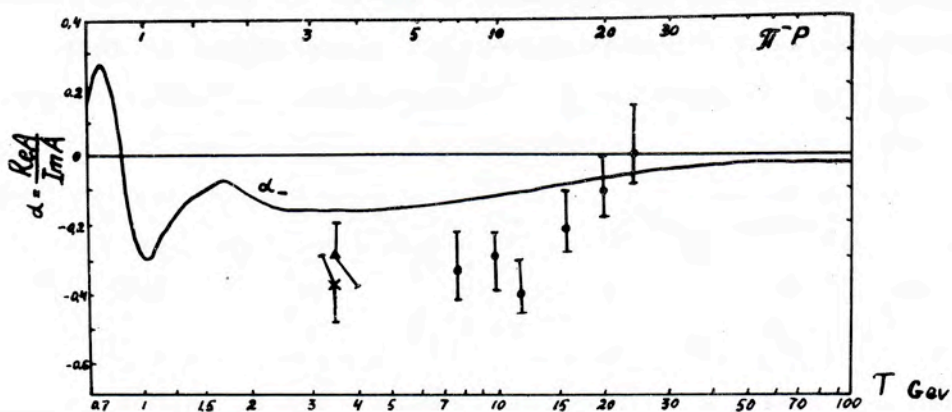
Впервые было показано, что в $\pi^+ p$ -рассеянии на углы, близкие к 180° , имеется пик, где сечение примерно на порядок превосходит среднее сечение рассеяния в заднюю полусферу и в 3 раза превышает величины сечений в промежуточных интервалах углов около 90° . Показано, что с ростом энергии величина сечения заметно убывает. В последнее время появились публикации результатов исследований по этому вопросу, выполненных в других лабораториях, подтвердившие основные свойства данного процесса, установленные в ЛВЭ. Сейчас планируется завершение этих исследований с целью получения детальных сведений об упругом $\pi^+ p$ -рассеянии на углы, близкие к 180° . Аналогичные исследования будут проведены и для $\pi^- p$ -рассеяния с использованием техники бесфильмовых искровых камер с магнитным спектрометром.

Резонансные явления во взаимодействиях элементарных частиц

1) ЛВЭ совместно с лабораториями СРР на основе материалов, полученных при облучении 24-литровой пропановой пузырьковой камеры в пучке π^- -мезонов с импульсом 4 Гэв/с, выполнены следующие исследования.

Получено экспериментальное доказательство существования резонанса $\Lambda^0 \eta$ с массой 1680 Мэв и квантовыми числами $T = 0$, $J = \frac{1}{2}$ при импульсе π^- -мезонов 4,0 Гэв/с (рис. 8, 9, 10 и 11). Эти данные подтверждают эксперимент (в котором впервые был обнаружен такой резонанс), выполненный в 1964 г. в $\pi^- p$ -взаимодействиях при импульсе 7,8 Гэв/с. Существование резонанса $\Lambda^0 \eta$ (1680) экспериментально подтверждено в США.

Имеется указание на существование резонансов: $\Lambda^0 K^0$ с массой 1820 Мэв, $\Lambda^0 K^+$ с массой 1700 Мэв и $K^0 K^0$ с массой 1040 Мэв. Экспериментальное подтверждение существования этих резонансов имеется в других взаимодействиях и при других энергиях (см. тезисы Оксфордской конференции 1965), выполненные в других лабораториях. Кроме того, получены данные о том, что резонанс (1385) образуется в 40% всех реакций, а ре-



\times - ЛВЭ, Дубна, анализ по формулам Бете с учетом радиационной поправки, полуценной Соловьевым.
 \circ - ЛВЭ, Дубна, анализ тех же данных по формулам Бете без учета радиационной поправки.
 \square - К. I. Foley et al., Phys. Rev. Lett., 14, № 21, 862 (1965)
 Сплошная кривая рассчитана В. С. Барашенковым по дисперсионным соотношениям.

Рис. 5. Отношение реальной части амплитуды к мнимой для рассеяния вперед $\pi^- p$.

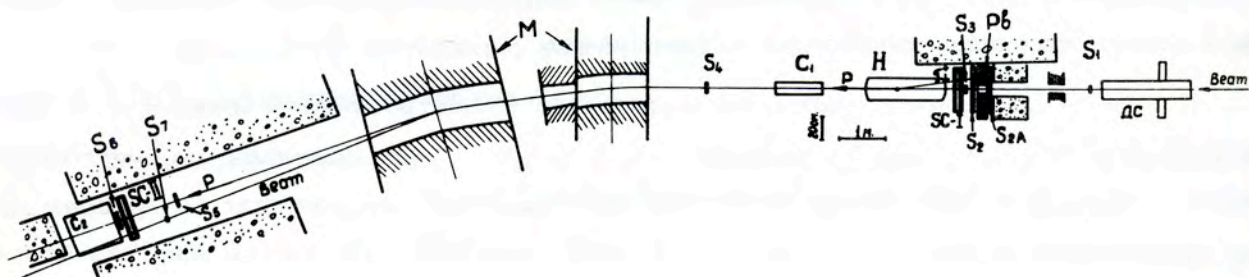


Рис. 6. Схема расположения аппаратуры для исследования $\pi^+ p$ -рассеяния на 180° .

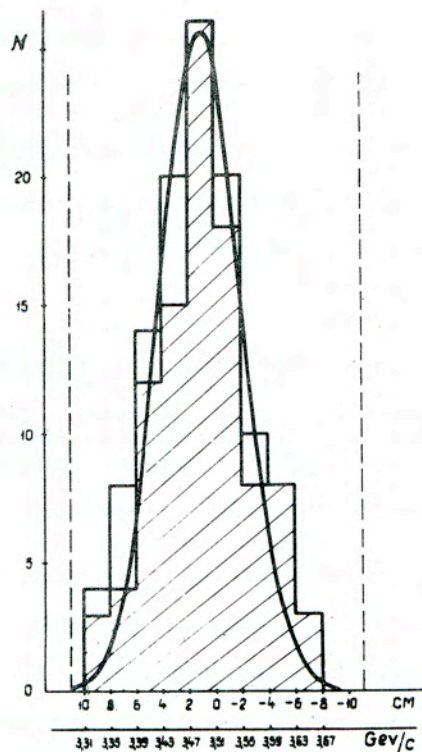


Рис. 7. Спектры импульсов протонов отдачи для упругого $\pi^+ p$ -рассеяния на 180° .

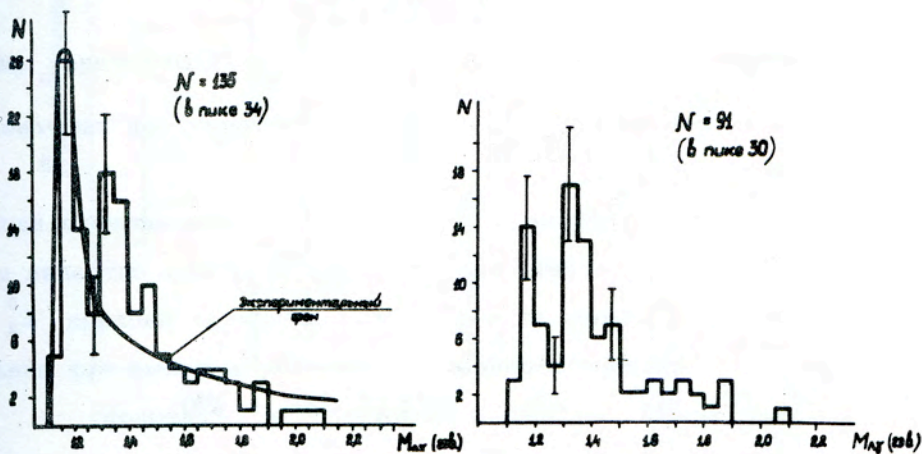
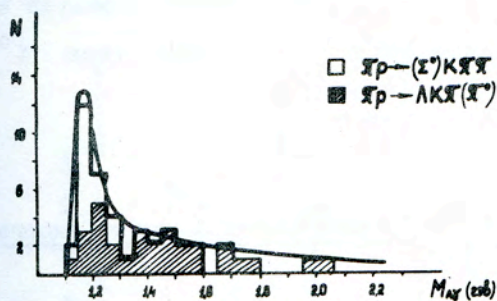


Рис. 8. Распределения эффективных масс M_{Ay} с учетом экспериментального фона.

зонанс (890) - в 35%. Имеется указание на то, что 8% всех реакций с 4-мя частицами в конечном состоянии идут через совместное рождение $\gamma^* \kappa^*$. Реакции с образованием странных частиц при импульсе 4,0 Гэв/с согласуются с предсказаниями OPE - модели.

2) Проведено облучение ксеноновой пузырьковой камеры в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,5 Гэв/с. Получено 200000 фотографий. Ведется их обработка совместно с лабораториями ПНР и ВНР с целью изучения радиационных эффектов в распадах бозонных резонансов.

3) Проведено облучение 40-сантиметровой жидководородной пузырьковой камеры в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,5 Гэв/с. Получено 160000 фотографий. Ведется их обработка совместно с лабораториями НРБ с целью изучения свойств бозонных резонансов, в первую очередь, - выяснения свойств A_1 -мезона.

4) Проведено и будет продолжено облучение метровой пропановой камеры в пучке π^- -мезонов с импульсом 5 Гэв/с. Обработка полученных материалов проводится совместно ЛЯП, ЛВЭ и лабораториями ВНР с целью изучения радиационных эффектов в распадах резонансов, в первую очередь свойств комбинаций вида $\Lambda \gamma$, $\Lambda 2 \gamma$, $K \gamma$ и т.д.

5) Завершены исследования распадов $\omega^0 \rightarrow \pi^0 \gamma$ на материалах облучения ксеноновой пузырьковой камеры π^- -мезонами с импульсом 9 Гэв/с.

6) Завершается подготовка аппаратуры с искровыми камерами и черенковскими счетчиками полного поглощения для исследования радиационных эффектов в распадах бозонных резонансов. Планируется исследование процессов распада типа $\chi^0 \rightarrow 2 \gamma$, $\chi^0 \rightarrow e^+ e^-$ и т.д.

Неупругие процессы при взаимодействии частиц больших энергий

По этому разделу завершаются работы, начатые ранее :

1) изучение генерации π^0 -мезонов в $\pi^- p$ -взаимодействиях при импульсе 4 Гэв/с;

2) анализ 4-лучевых событий в $\pi^- p$ -взаимодействиях при импульсе 7,5 Гэв/с (совместно с СРР);

3) в связи с обнаружением распада $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$, означающего нарушение СР-инвариантности слабых взаимодействий, анализировалась общая ситуация в этой проблеме. Показано, что в наиболее общем виде свойства амплитуд распада $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ могут быть выяснены в наборе регенерационных опытов, а также при анализе временной зависимости трехчастичных лептонных распадов K^0 -мезонов;

4) неупругие $\pi^- n$ -взаимодействия при импульсе 7 Гэв/с (совместно с ЧССР);

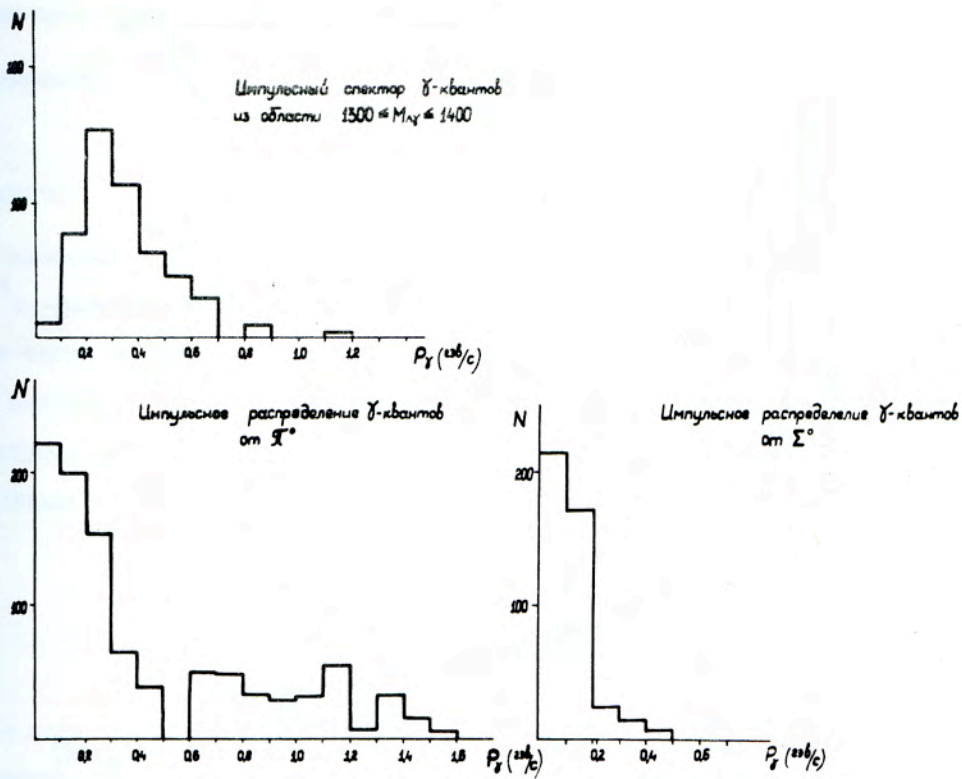


Рис. 9. Импульсные распределения γ -квантов от распада π^0 -мезонов, Σ^0 -гиперонов и спектр γ -квантов из исследуемой области эффективных масс $1300 \leq M_{\Lambda\gamma} \leq 1400$ МэВ.

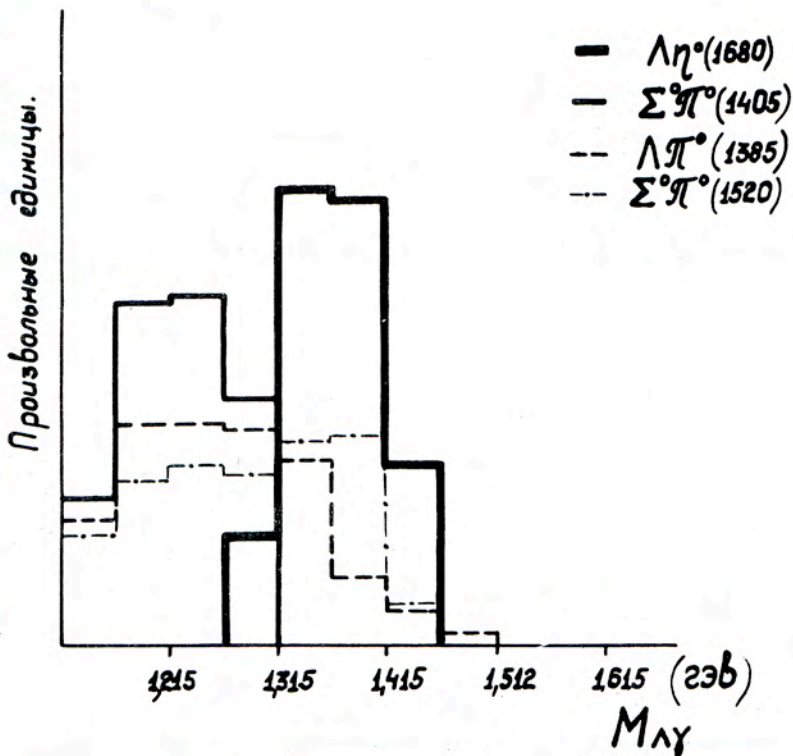


Рис. 10. Распределения эффективных масс в системе $\Lambda\gamma$ от известных резонансов.

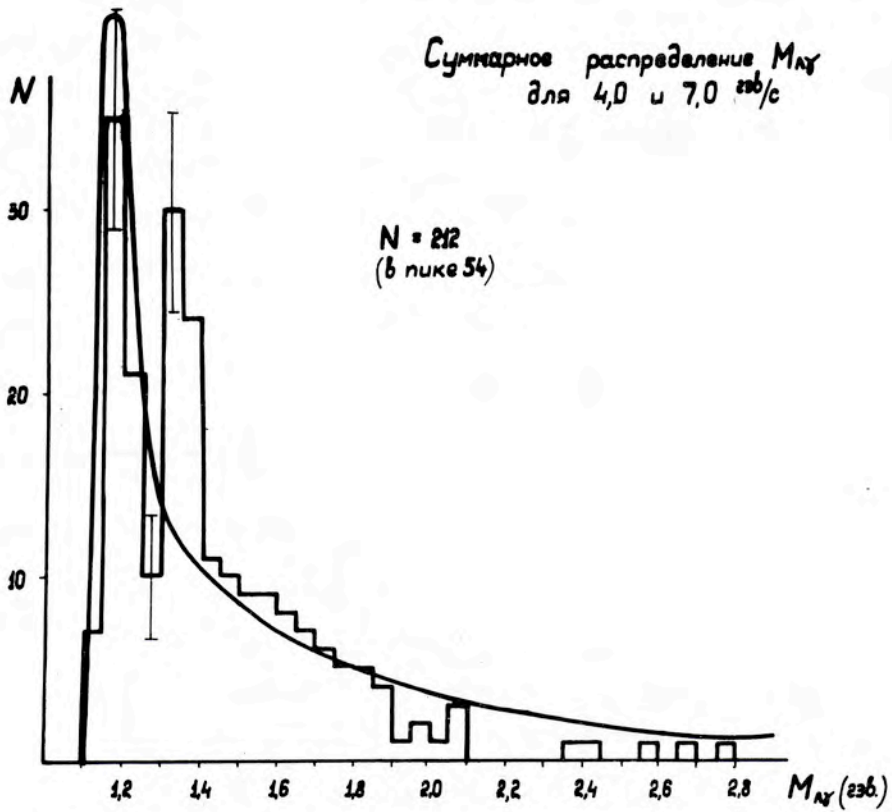


Рис. 11. Суммарное распределение эффективных масс $M_{\pi\gamma}$ в экспериментах с пучками π^- -мезонов с импульсом 4 ГэВ/с и 7 ГэВ/с.

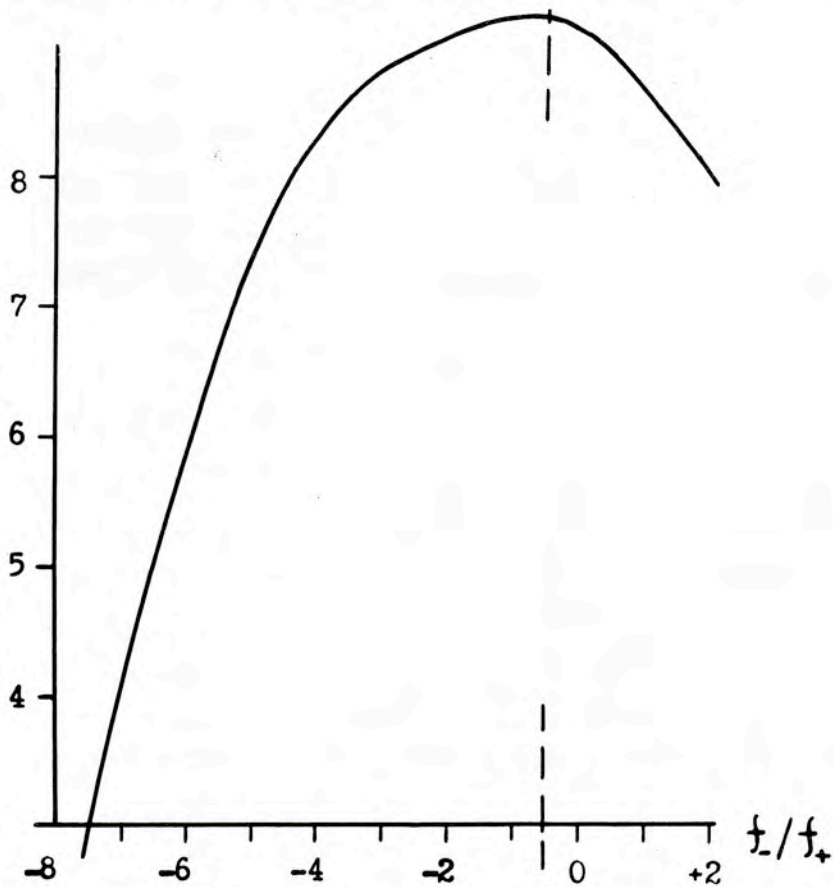


Рис. 12. График $\ln L_{\max}$ функции максимального правдоподобия для основной группы случаев K^+ -распадов.

5) генерация странных частиц при взаимодействии π^- -мезонов с импульсом 9 Гэв/с с ядрами ксенона (совместно с ПНР);

6) генерация странных частиц в нейтрон-протонных взаимодействиях при больших энергиях;

7) упругое np -взаимодействие при больших энергиях (совместно с СРР).

8) на имевшемся в ЛВЭ экспериментальном материале завершены исследования упругого $\Lambda^0 p$ -рассеяния при среднем импульсе Λ^0 -гиперонов, равном 2,7 Гэв/с. Полное сечение этого процесса найдено равным (15 ± 4) мб. Совместный анализ этого результата с результатами ранее проведенных исследований при меньших значениях импульса Λ^0 -гиперона показывает, что в модели одномезонного обмена лучшее соответствие экспериментальных данных имеется со следствиями модели обмена ω^0 -мезоном.

Слабые взаимодействия

1) Исследования трехчастичных лептонных распадов K^+ -мезонов. Завершена обработка экспериментальных данных с целью определения отношения формфакторов $\xi = f^-/f^+$ в $K_{\mu 3}^+$ -распадах, а также энергетической структуры формфактора в $K_{e 3}^+$ -распаде (рис. 12).

2) Завершены работы по исследованиям распадных свойств K_2^0 -мезонов.

Для осуществления вышеуказанной научной программы было просмотрено около 400 тысяч фотографий с камер и обмерено на полуавтоматах более 130 тысяч треков. Обработка трековых данных велась на электронных вычислительных машинах ВЦ ОИЯИ.

3) Велась методические подготовительные работы для проведения исследований распадов по схемам: $K^+ \rightarrow \pi\pi\gamma$, $K_2^0 \rightarrow 2\gamma$.

III. РАБОТА ОСНОВНЫХ УСТАНОВОК И СОЗДАНИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ В 1965 ГОДУ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Научно-методические работы, находящиеся в стадии физической наладки

1. Высокоинтенсивный пучок π^- - мезонов. В первом полугодии 1965 года была завершена наладка высокоинтенсивного пучка π^- - мезонов (модернизация пучка M_3).

Пучок имеет следующие характеристики:

- а) импульс $4 - 7$ Гэв/с;
- б) $\frac{\Delta p}{p} = \pm 0,01$;
- в) входная апертура $- 4 \cdot 10^{-4}$ стеррад;
- г) ширина изображения по вертикали $- 35$ мм;
- " - по горизонтали $- 30$ мм;
- д) расходимость $0,5^\circ$;
- е) интенсивность $10^4 \pi^- / 10^{10}$ р (при импульсе π^- -мезонов 4 Гэв/с).

2. Пучок A_1 (антипротоны с импульсом до 3 Гэв/с). В течение первого полугодия завершена наладка канала, где для очистки частиц используется двухкаскадная электростатическая сепарация. Схема канала показана на рис. 41.

При работе канала в режиме сепарации антипротонов получены следующие характеристики:

- а) импульс частиц $- 2,81$ Гэв/с;
- б) $\Delta p/p = \pm 0,008$;
- в) входная апертура $1 \cdot 10^{-4}$ стеррад;
- г) размер изображения по вертикали (в плоскости сепарации) на 1-ой массовой щели $- 3,4$ мм;
- д) коэффициент сепарации (отношение сепарации к ширине изображения) $- 3,5$;
- е) размер изображения по горизонтали на первой массовой щели $- 8$ мм;
- ж) размер изображения по вертикали на второй массовой щели $- 3,3$ мм;
- з) коэффициент сепарации на второй массовой щели $- 3$ (рис. 42);
- и) ширина изображения по горизонтали $- 4$ мм;
- к) число антипротонов на второй массовой щели $8 - 10/10^{11}$ р;
- л) состав пучка после второй массовой щели на $1\tilde{p} \approx 0,1\pi^-$.

Проводятся работы по улучшению параметров пучка и отладка режима его совместной работы с 2-метровой пропановой камерой.

3. Пучок A_2 (антипротоны с импульсом 5 Гэв/с). В течение первого полугодия была проведена наладка с пучком всех устройств электродинамического сепаратора частиц высоких энергий ЛВЭ.

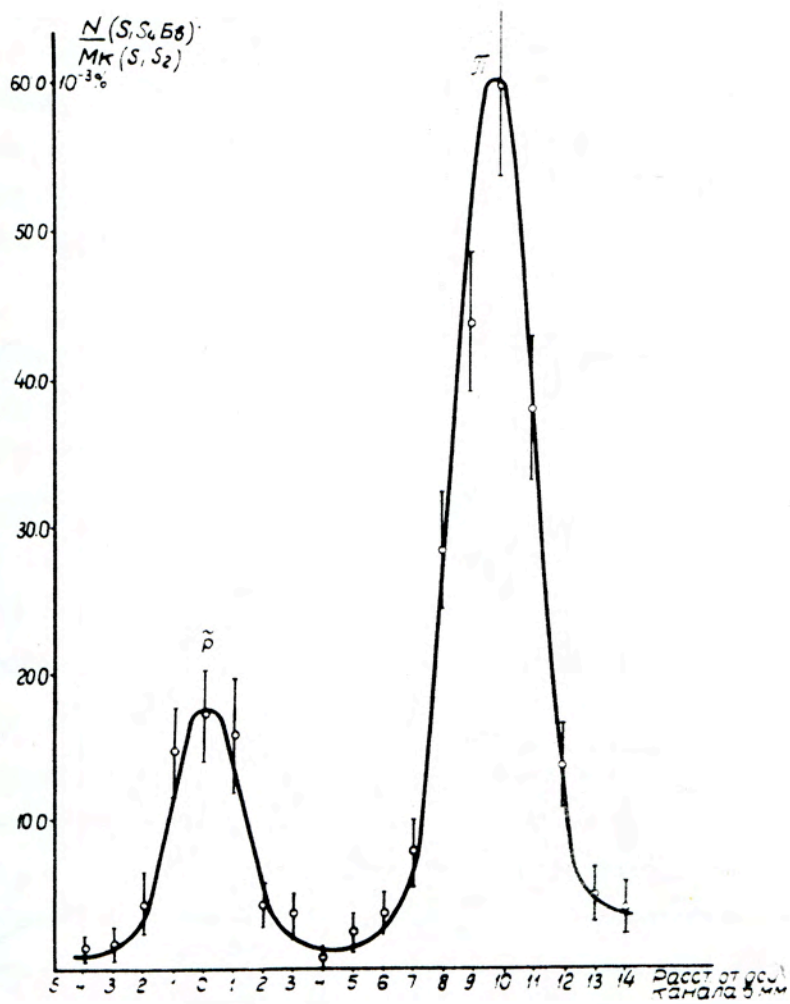


Рис. 42. Разделение и состав пучка в 2,75 Гэв/с антипротонном канале (на второй массовой щели).

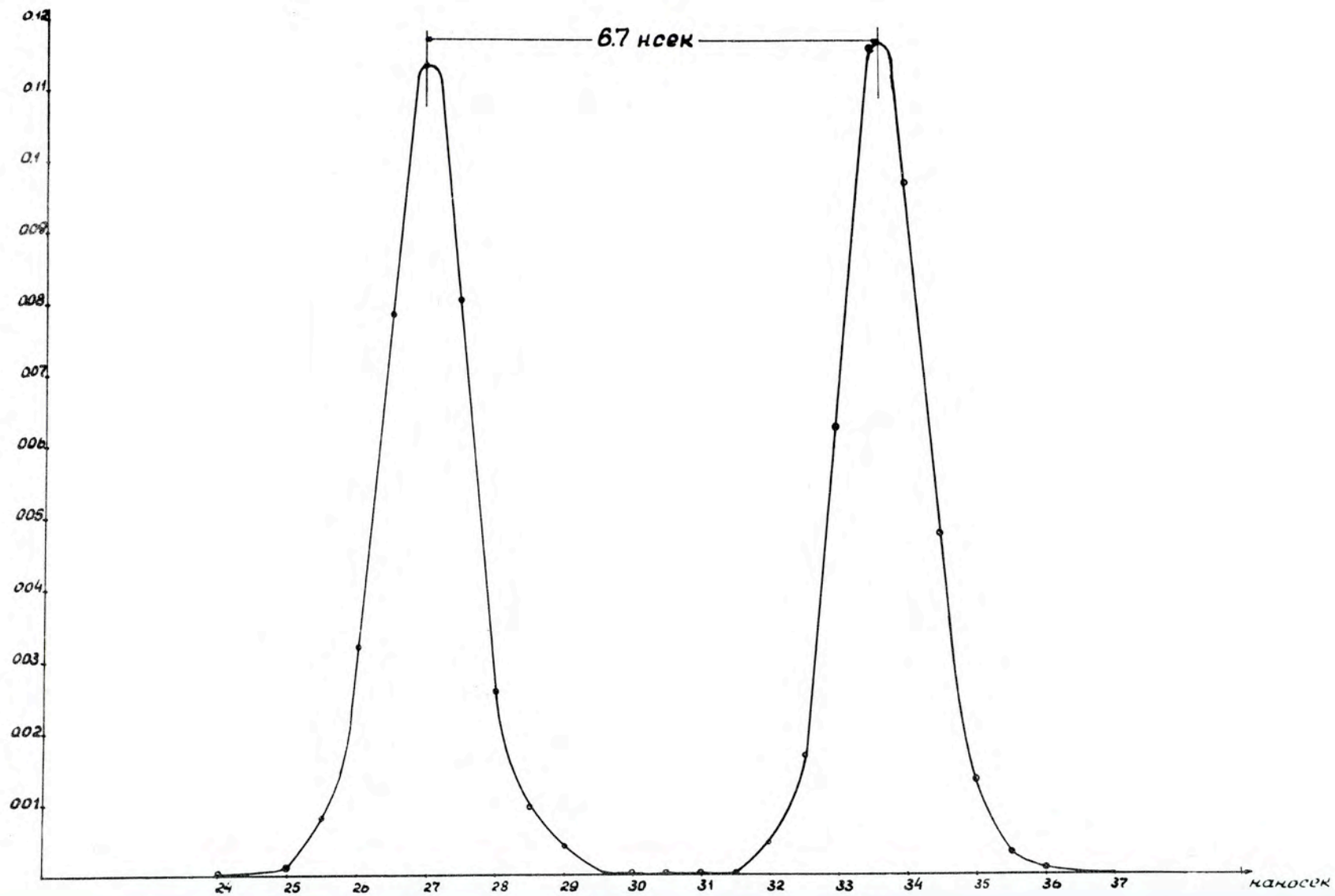


Рис. 43. Высокая частота структура частиц с импульсом 4,95 Гэв/с в электродинамическом сепараторе.

а) Система краткого ускорения. Опробован режим работы синхрофазотрона на частоте 150 МГц. Коэффициент захвата частиц при переходе из режима ускорения на первой кратности ($f \approx 1,4$ МГц) на кратную частоту составляет $\geq 70\%$, измерена высокочастотная структура вторичного пучка частиц $p_s = 4,95$ Гэв (рис. 43).

б) Опробовано при работе с пучком отклоняющее устройство (8 резонаторов), получена величина отклонения частиц с импульсом 4,95 Гэв ≈ 10 см (рис. 44).

в) Проведена настройка оптики канала и получены размеры изображения: по вертикали 25 мм, по горизонтали 20 мм.

В декабре был произведен совместный запуск всех систем и устройств электродинамического сепаратора и получен сепарированный пучок антипротонов. В течение длительного времени все системы сепаратора работали устойчиво. Проведенный пуск сепаратора подтвердил правильность основных принципов его работы. В настоящее время продолжается работа по уменьшению фона, увеличению интенсивности частиц до проектных условий.

4. Двухметровая пропановая камера. Завершены работы по сдаче 2-метровой пропановой камеры в регулярную эксплуатацию. Проведены пробные пуски камеры в магнитном поле совместно с 3 - Гэвным антипротонным каналом. Сделано около 1500 фотографий.

В настоящее время ведутся работы по улучшению фоновых условий работы камеры совместно с антипротонным каналом, а также подготовка к составлению программ геометрической обработки событий, зафиксированных в камере. Эффективность регистрации γ -квантов в большой пропановой камере видна из рис. 45,46.

5. Метровая жидководородная пузырьковая камера. В марте 1965 года был проведен второй запуск метровой камеры на пучке отрицательных пионов с импульсом 5 Гэв/с, транспортированных через антипротонный канал. Камера запускалась без магнитного поля и проработала трое суток в различных режимах. Получены фотографии пучковых частиц (рис. 47). Во время пуска отработывались системы управления камерой совместно с ускорителем. Была проведена наладка системы питания магнита, включая стабилизацию тока. Система питания работает в пределах технического задания.

Проведены магнитные измерения. Измерена топография магнитного поля в рабочем объеме камеры с шагом 50 мм в направлениях x, y . В средней плоскости объема камеры величина поля может поддерживаться порядка 19000 эрстед с однородностью в плоскости ХУ не хуже чем 0,2%. В направлении оси фотографирования неоднородность поля составляет около 4%, причем с изменением координаты неоднородность меняется линейно. В настоящее время работы по укреплению катушек окончены,

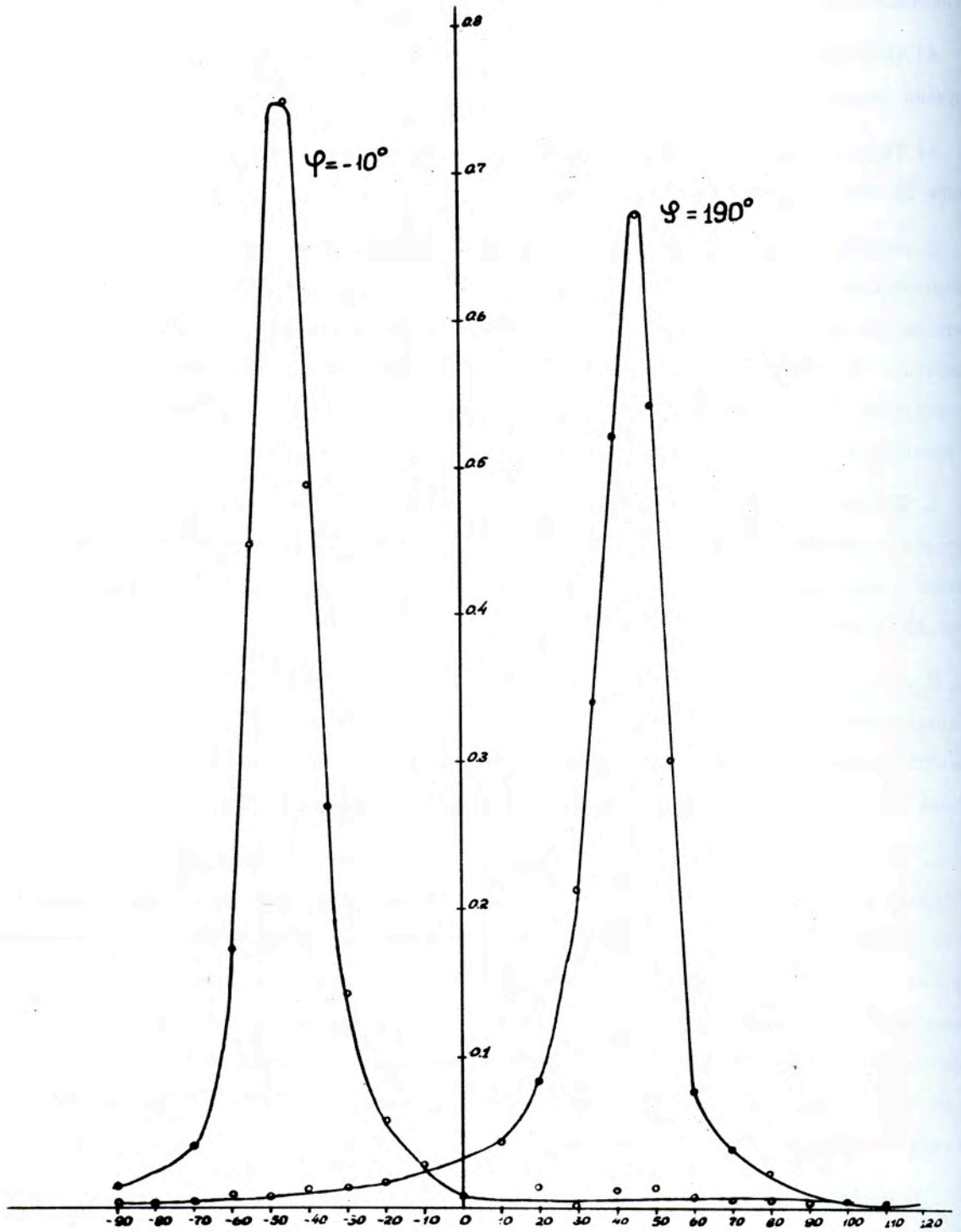


Рис. 44. Отклонение пучка частиц с импульсом 4,95 Гэв/с в зависимости от сдвига фаз ϕ между системой кратного ускорения и отклоняющим устройством.

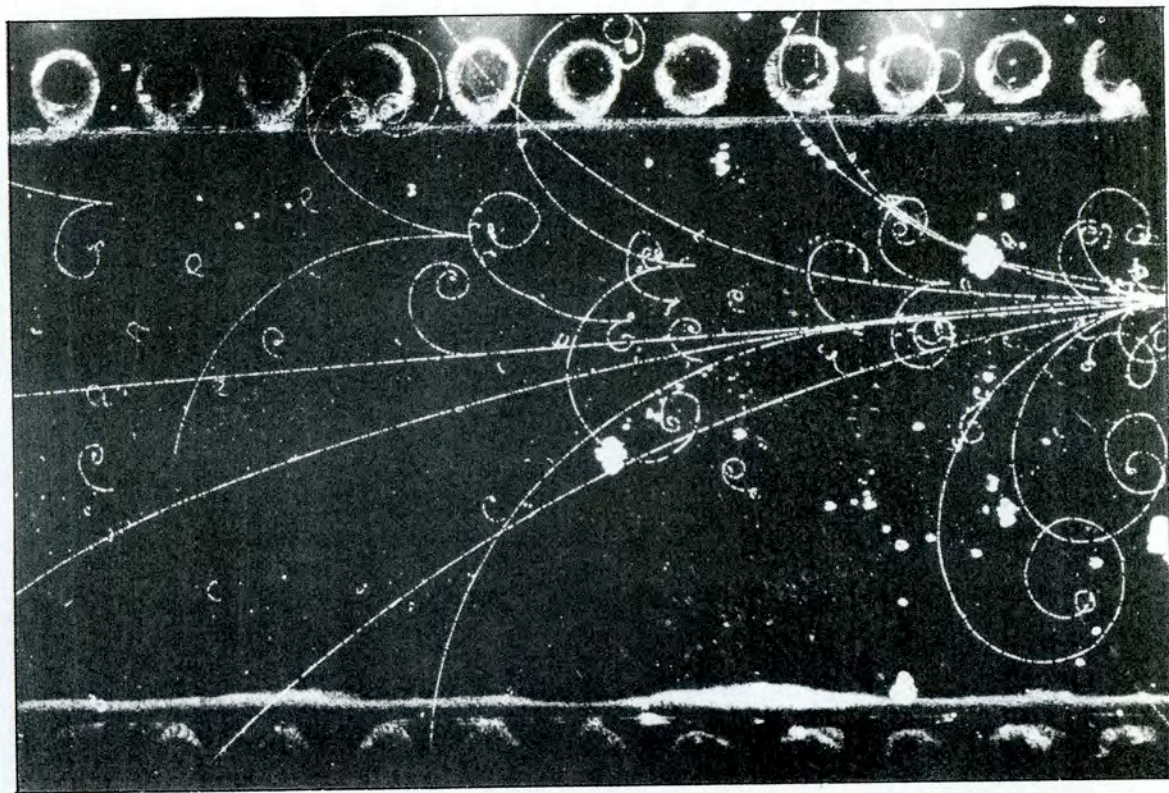


Рис. 45. Фотография электронно-фотонного ливня в 2-метровой пропановой камере.

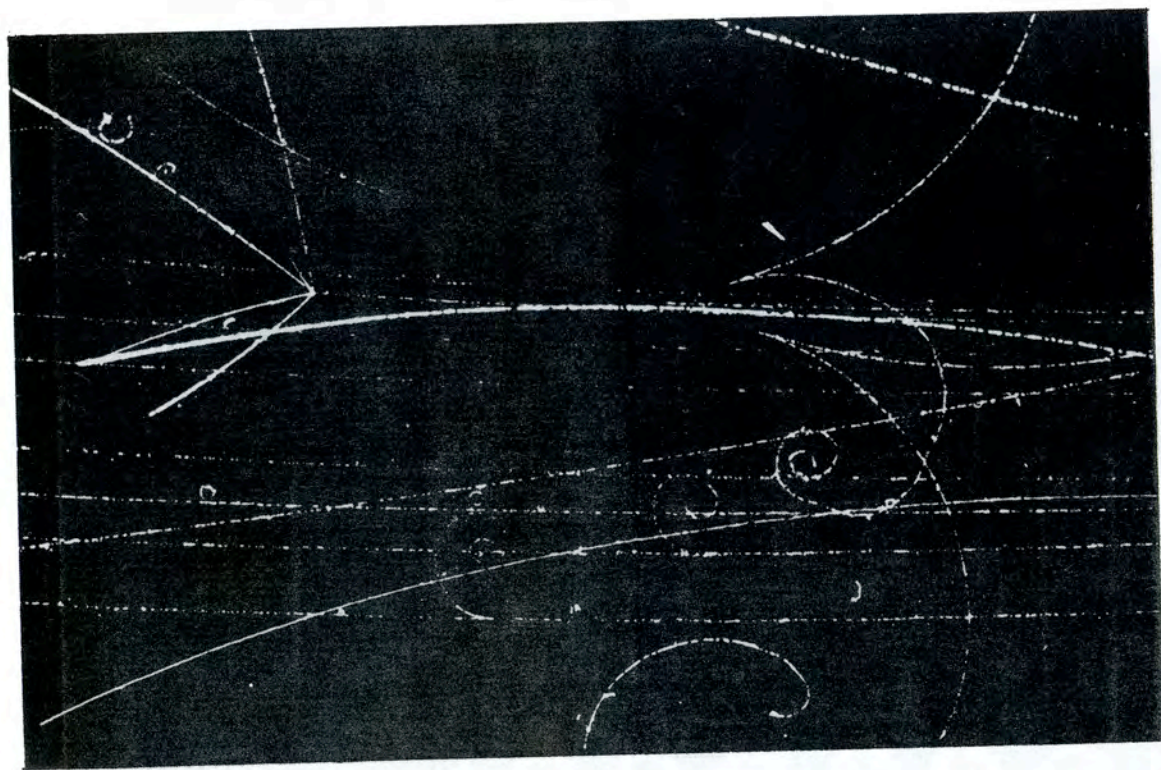


Рис. 46. Фотография трех γ -квантов от θ -лучевой звезды в 2-метровой пропановой камере.

камера подготовлена к эксплуатации. Совместно с отделом измерений и Вычислительным центром ОИЯИ ведется разработка геометрической программы, учитывающей неоднородность магнитного поля, дисторсии оптической системы, ионизационные потери и многократное кулоновское рассеяние.

6. Аппаратура с бесфильмовыми искровыми камерами для исследований π^-p -рассеяния на угол 180° . Разработано два варианта бесфильмовых искровых камер проволочного типа. В спектрометре протонов отдачи будут использованы проволочные камеры со съемом информации с помощью ферритовых колец. Для детектированных рассеянных назад π^- -мезонов будут использованы проволочные камеры с магнитострикционными линиями. Опробованные системы показали высокие эффективности работы и точности измерений координат. Комплекс разработанной аппаратуры (рис. 48, 49) позволяет проводить исследования π^-p -рассеяния назад без использования электронных вычислительных машин.

7. Аппаратура для исследования редких распадов K_2^0 -мезонов. Исследовались различные системы искровых камер, в том числе с большими промежутками и изотропные. Получены характеристики этих камер при различных на-полнениях и условиях работы.

8. Аппаратура для исследования радиационных распадов бозонных резонансов. Для исследования радиационных распадов бозонных резонансов типа $\chi^0 \rightarrow 2\gamma$ и аналогичных им разработаны и испытаны системы искровых камер с большими промежутками, работающие совместно с большими черенковскими счетчиками полного поглощения и предназначенные для измерений углов вылета и энергии γ -квантов (и электронов). Испытания аппаратуры показали ее высокие угловые ($0,1^\circ$) и энергетические разрешения ($\sim 5\%$).

Метод работы

1. Двухметровая жидководородная пузырьковая камера. Изготавливались узлы камеры на заводах СССР и в ЦЭМ ОИЯИ.

2. Автоматизация обработки экспериментальных данных. Велась работа по следующим направлениям:

а) разработка системы работы 10 полуавтоматов с монтируемой в ЛВЭ машиной БЭСМ-3М;

б) разработка системы НРД ;

в) подготовка к экспериментам с БЭСМ-3М с физическими установками на линии;

г) создание измерительного центра;

д) разработка различных электронных схем для проведения физических экспериментов.

3. Работы по криогенной технике:

а) исследовательские работы, связанные с разработкой и усовершенствованием жидководородных пузырьковых камер и мишеней;

б) разработка дюарной системы теплоизоляции для 2-метровой водородной камеры;

в) подготовка к работам по криогенным системам многокубовой жидководородной пузырьковой камеры;

г) эксплуатация 40-сантиметровой водородной камеры и водородно-гелиевых ожижительных установок. Ожижено 15000 литров жидкого водорода и 4400 литров жидкого гелия;

д) работы по сверхпроводящим материалам. Закончены исследования (совместно с кафедрой металловедения МИФИ при участии сотрудников Института ядерных исследований ЧСАН) сверхпроводящих ниобий-циркониевых сплавов с большим содержанием циркония. Сплав обладает высокими сверхпроводящими показателями (см. рис. 50) и весьма технологичен. На базе этого сплава изготовлен сверхпроводящий магнит с полем 85 кгс (см. рис. 51 и 52). Проведенные исследования создают реальную основу для использования сверхпроводящих устройств в ОИЯИ.

Работы по улучшению параметров синхрофазотрона

В 1965 году проведен ряд усовершенствований различных узлов синхрофазотрона и внедрены новые режимы его работы. Эти мероприятия позволили существенно улучшить эксплуатационные характеристики синхрофазотрона. Ниже дается перечень основных мероприятий по этому направлению работ в лаборатории.

1. Осуществлен перевод системы электропитания с 7 кв на 8,2 кв, что позволило увеличить частоту циклов на 10%. Существенно улучшен вакуум в камере синхрофазотрона (с $6 - 7 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст.).

2. Разработана и введена в эксплуатацию система стабилизации отсечки по величине магнитного поля ускорителя Н и программное регулирование его производной Н в режиме "стола".

3. Разработан и исследован новый тип индукционных электродов (рис. 53), являющихся элементом датчика информации о положении орбиты пучка, который работает в условиях сильных магнитных полей.

4. Теоретически исследован и практически осуществлен новый метод калибровки индукционных электродов.

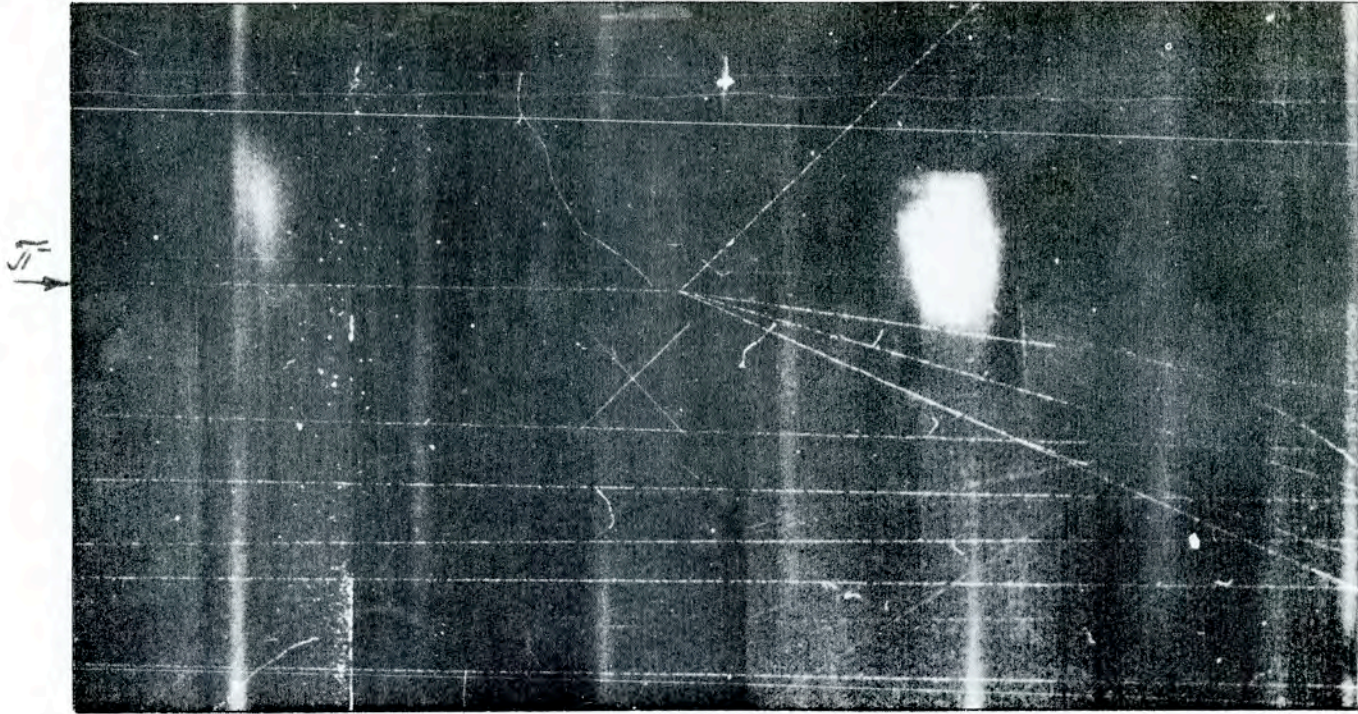


Рис. 47. Фотография частиц пучка в 1-метровой жидководородной камере. Четырехлучевое взаимодействие π^- -мезона с протоном при импульсе 5 Гэв/с (без магнитного поля).

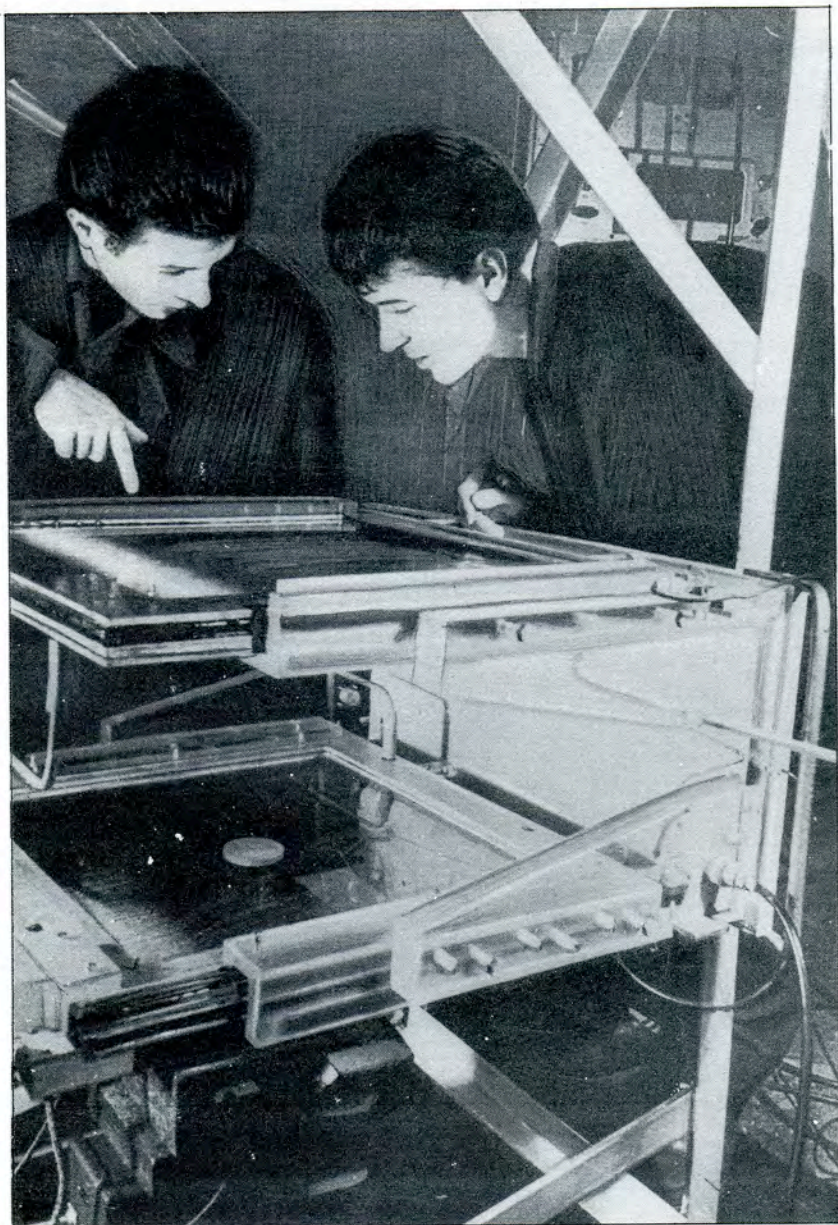


Рис. 48. Магнитострикционная камера.

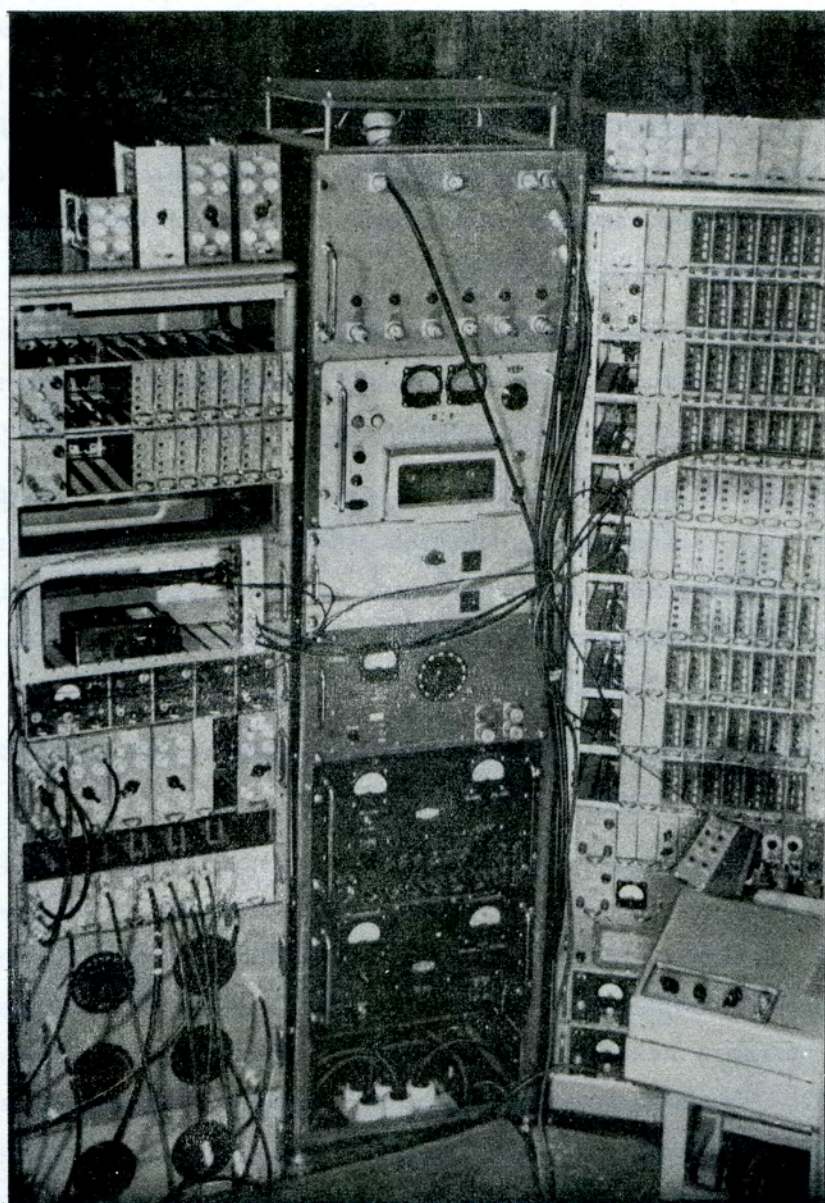


Рис. 49. Комплекс аппаратуры для исследования $\pi^- p$ -рассеяния назад.

5. Осуществлено исследование режима вторичного захвата и ускорения частиц в режиме "стола" магнитного поля после взаимодействия части пучка с мишенью в отсутствие ускоряющего электрического поля. Показана возможность осуществления такого режима (рис. 54).

6. Введена в эксплуатацию аппаратура для подавления когерентных фазовых колебаний пучка ускоряемых протонов, которая позволила улучшить параметры пучка в конце ускорения (рис. 55).

Фазовый размер θ^0 уменьшен с 140° до 70° , соответственно радиальный размер (по амплитудам фазовых колебаний) — с 40 до 16 мм, энергетический разброс в пучке с $\pm 2,8$ до $\pm 0,9$ Мэв. Подавление колебаний позволяет снизить амплитуду ускоряющего напряжения в 1,7 раза. Улучшение характеристик пучка позволило увеличить захват частиц в режим кратного ускорения для сепарации антипротонов до 70% при снижении напряжения на резонаторе с 250 до 70 кв.

7. Введена в эксплуатацию система "Эстафета", осуществляющая переход на ускорение с постоянной частотой, что обеспечивает повышенную стабильность захвата пучка в режим кратного ускорения при работе систем сепаратора антипротонов.

8. Выполнены работы по физическому обоснованию быстрого вывода пучка протонов из синхрофазотрона. Закончены проектные работы по созданию магнита дефлектора и другой аппаратуры. Завершен расчет системы транспортировки выведенного пучка в измерительный павильон (нейтронный). Выдано техническое задание на проектирование элементов ионно-оптической системы.

9. Разработано устройство для калибровки интенсивности пучка при облучении эмulsionей на уровне $10^5 - 10^6$ частиц в импульсе.

10. Для линейного ускорителя на 20 Мэв с жесткой фокусировкой выполнен ряд теоретических, проектных и конструкторских работ: проведено экспериментальное определение частотных характеристик резонатора; изготовлены рабочие чертежи резонатора; произведен расчет ускоряющей системы (трубок дрейфа); произведен расчет фазового движения частиц в линейном ускорителе и определен энергетический спектр частиц на выходе из ЛУ; закончена экспериментальная и теоретическая работа по определению оптимальных параметров линз жесткой фокусировки ускоряюще-фокусирующего канала (на рисунке 56 показана дрейфовая трубка с линзой); разработаны и сданы в производство рабочие чертежи вакуумного бака для резонатора.

Зависимость $j_c(H)$ для
проволоки из Nb-75% Zr

- | | |
|--|-----------|
| 1a - образец N510 | } T=4,2°K |
| 1б - соленоид D N510 | |
| 1в - коэф. деградации N510 сол D | |
| 2a - образец N520 | |
| 2б - соленоид B N520 | } T=4,2°K |
| 2в - коэф. деградации N520 сол B | |
| 2г - соленоид A N520 | |
| 2д - коэф. деградации соленоида A N520 | |
| 2ж - образец N520 | } T=1,7°K |
| 2з - соленоид A N520 | |

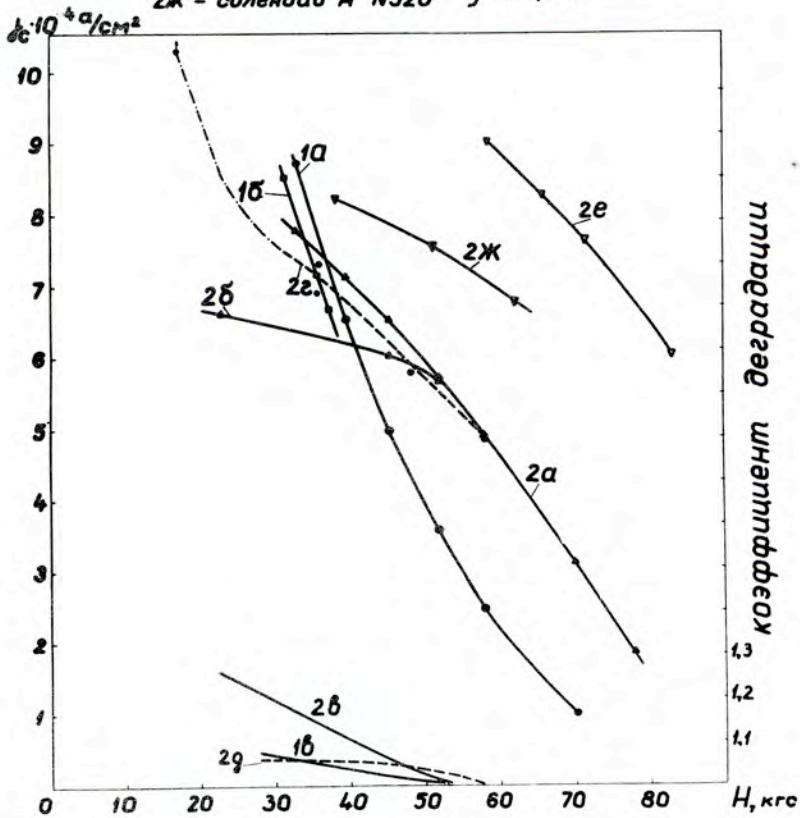
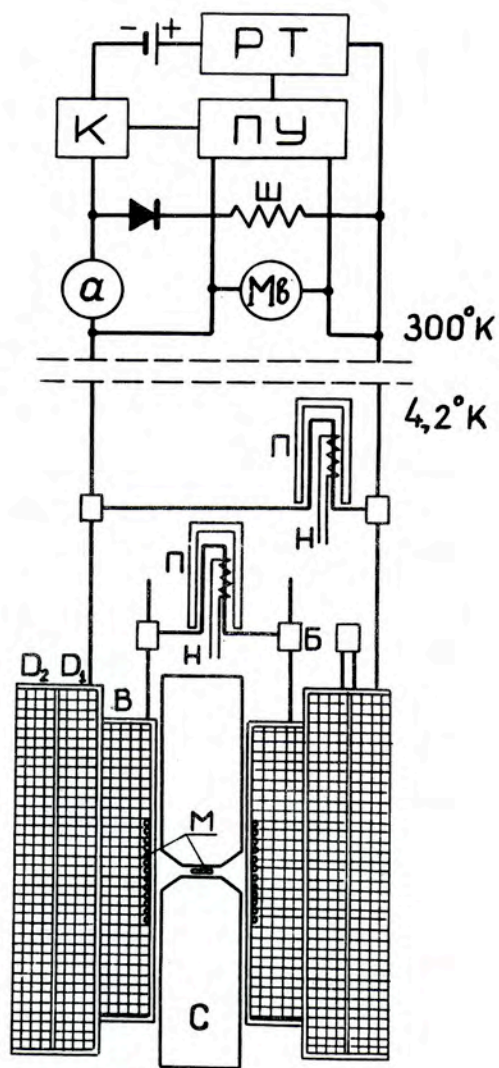


Рис. 50.



*Блок-схема
управления соленоидом*

Рис. 51.

**Таблица
характеристики соленоида
из Nb-75Zr**

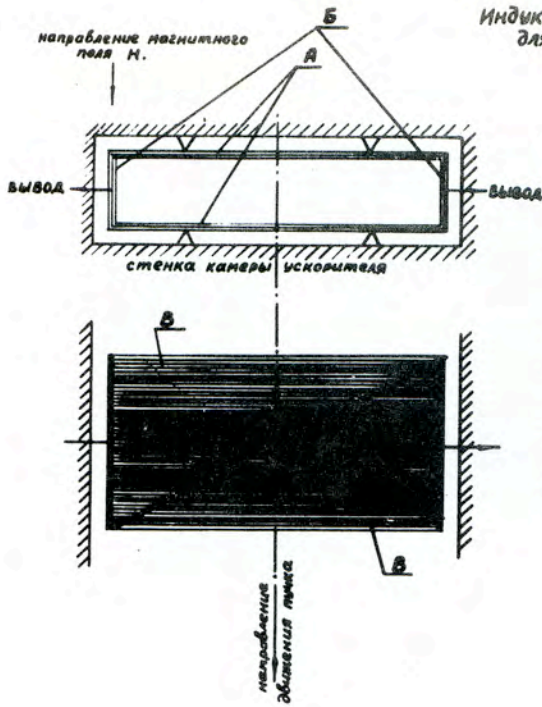
секция	внутр φ мм	нар. φ мм.	длина мм.	число витков	коэф запол- нения	φ проб Nb-Zr кВт/см ²	площ сечен. 10 ⁻⁴ см ²	H/I кгс/а	крит ток (4,2°К) а	H кгс
A	9	18	48	728	0,29	0,33	8,5	0,19	>90	>17
B	20	38	64	2145	0,28	0,33	8,5	0,41	60	24,5
D ₁	42	61	74	3480	0,33	0,29	6,6	0,54	58	30,8
D ₂	61	75	74	2393	0,33	0,29	6,6	0,30	54	16,2

секция	соединение и питание	T °К	крит ток а	H кгс
D ₁ +D ₂ D	последовательно	4,2	436	36,6
B+D	последовательно	4,2 4,05	42,5 46	53 57,5
(B+D) +A	питание отдельно	4,2	40 42	58
(B+D) +A	питание отдельно	1,7	41 58	62
Вклад полюсов (при I _{сол} > 2а)				27,5
B+D + полюса		4,05		85

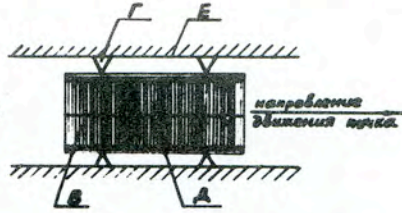
Рис. 52.

Показатели работы синхрофазотрона в 1965 году

	Часы	Проценты
Запланированное время работы	6277	100
Время простоя оборудования эксплуатационных отделов	394	6,3
Затраты времени на технологическую подготовку синхрофазотрона к работе и подготовку к работе исследовательской аппаратуры	395	6,3
Время работы на эксперимент	5488	87,4
из них:		
а) время работы на экспериментальные исследования физиков	5050	80,4
б) время работы на исследования режимов работы ускорителя и усовершенствование его оборудования	438	7,0
Средняя интенсивность	$6,2 \cdot 10^{10}$	протонов/цикл
Максимальная интенсивность	$1 \cdot 10^{11}$	протонов/цикл
Средняя длительность цикла	8,8 сек	

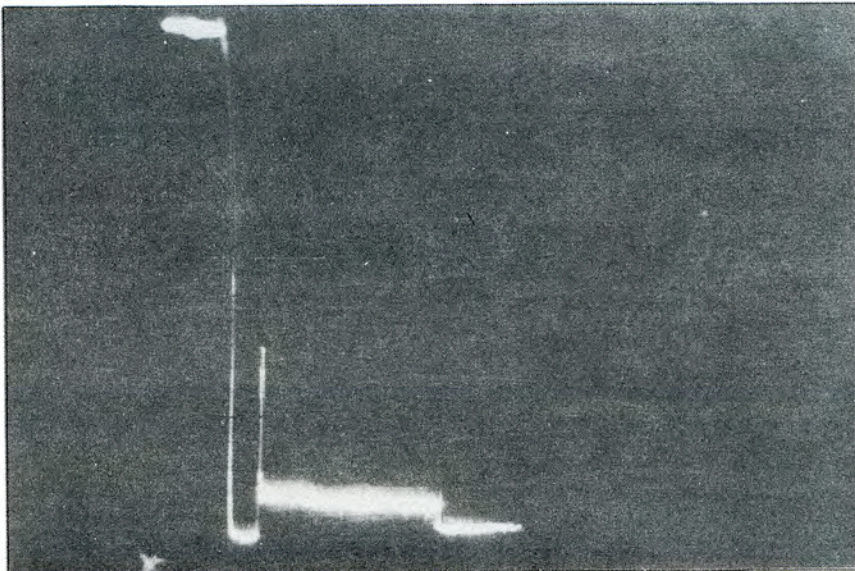


Индукционные электроды, предназначенные для работы в магнитном поле.



- А - верхняя и нижняя двухслойные диэлектрические пластины;
- Б - торцевые двухслойные диэлектрические пластины;
- В - сетка из проводников;
- Г - крепление пластин в камере ускорителя;
- Д - место соединения проводников;
- Е - стенка камеры.

ис. 53. Индукционные электроды, предназначенные для работы в магнитном поле.



ис. 54. Осциллограмма сигнала интенсивности с индукционных электродов при повторном захвате частицы на столе магнитного поля в синхрофазотронный режим.

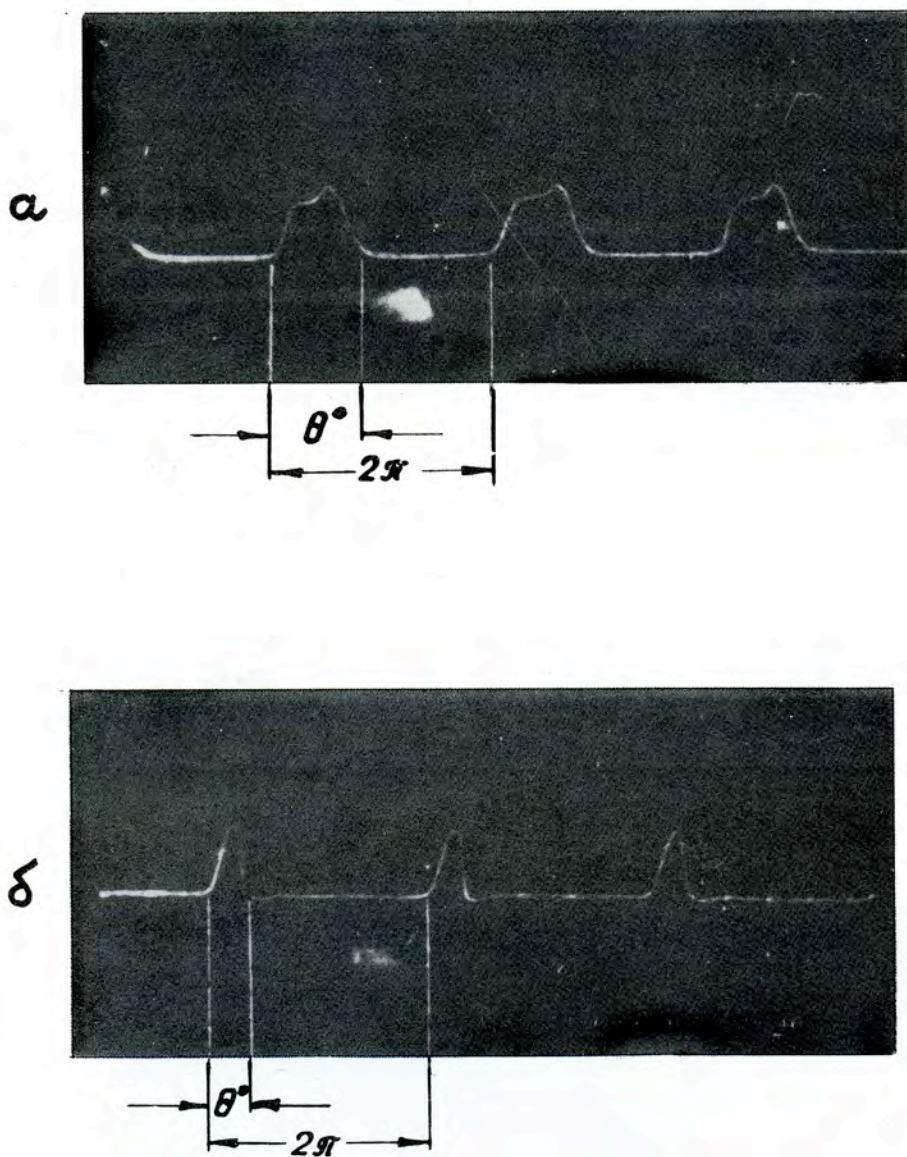


Рис. 55. Осциллограммы сигнала пучка на индукционном электроде в конце цикла ускорения при выключенной (а) и включенной (б) обратной связи.

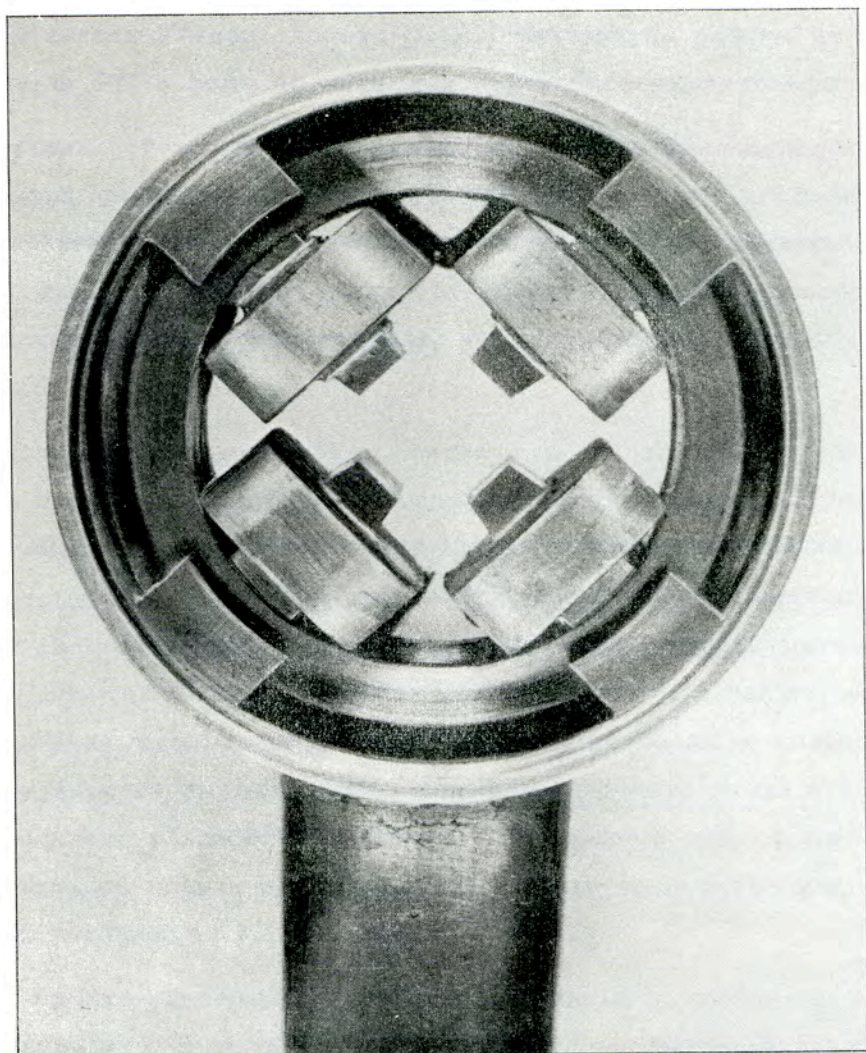


Рис. 56. Дрейфовая трубка с линзой.