

Объединенный институт ядерных исследований

1969

ДУБНА

Р - 5309

СЗМ  
0-2921

# ОТЧЕТ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
В 1969 ГОДУ**

**Дубна**

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

с.ф. 3141

# Лаборатория высоких энергий

Научные исследования лаборатории проводились в тесном контакте с Лабораторией вычислительной техники и автоматизации, а также с лабораториями и институтами стран - участниц ОИЯИ.

Главными направлениями работ в области физики элементарных частиц являлись:

- исследования на ускорителе Института физики высоких энергий  $pp$ -рассеяния в интервале энергий 10-70 Гэв;

- изучение в пучках синхрофазотрона реальной и мнимой амплитуд рассеяния элементарных частиц;

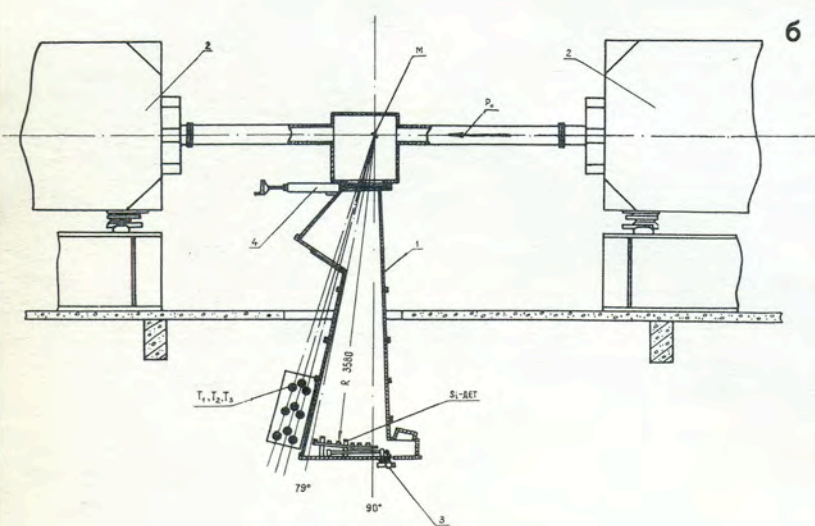
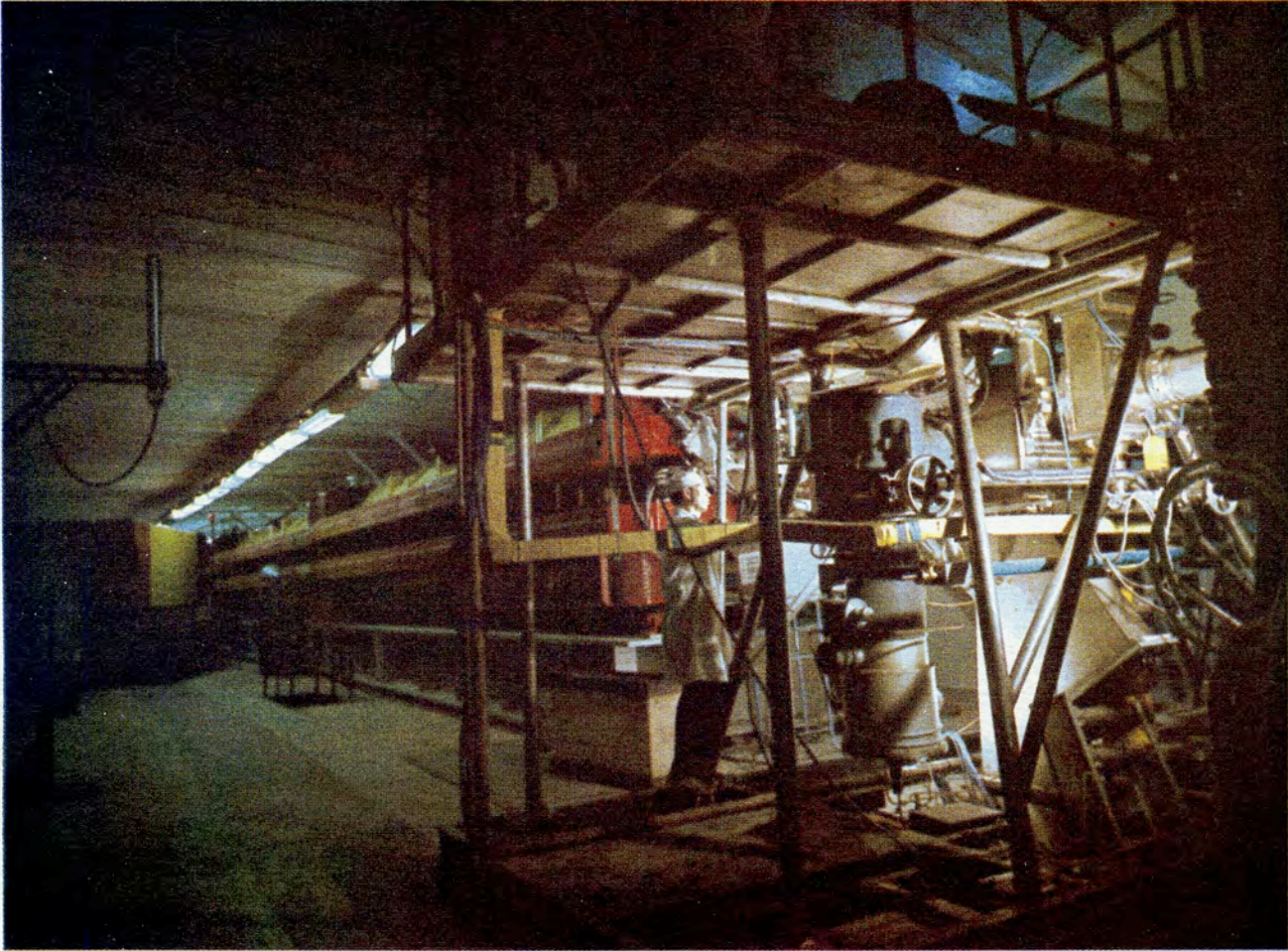
- исследование образования и свойств резонансов, в том числе электромагнитных распадов резонансов.

## Исследование дифференциальных сечений упругого $pp$ -рассеяния в интервале энергий 10-70 Гэв

а) Измерения выполнены в интервале энергий 12-70 Гэв на ускорителе ИФВЭ с помощью полупроводниковых детекторов и сцинтилляционных счетчиков, работающих на линии с электронно-вычислительной машиной БЭСМ-3М. Схема установки дана на рис. 4. В качестве мишени использовалась тонкая, около 1 микрона, полиэтиленовая пленка. За-

*Рис. 3. В Лаборатории высоких энергий создана установка с метровой стримерной камерой. Внутри камеры помещен гамма-конвертор, окружающий распадный объем. На снимке: Ю.Р. Лукстыньш и Г.Л. Варденга.*





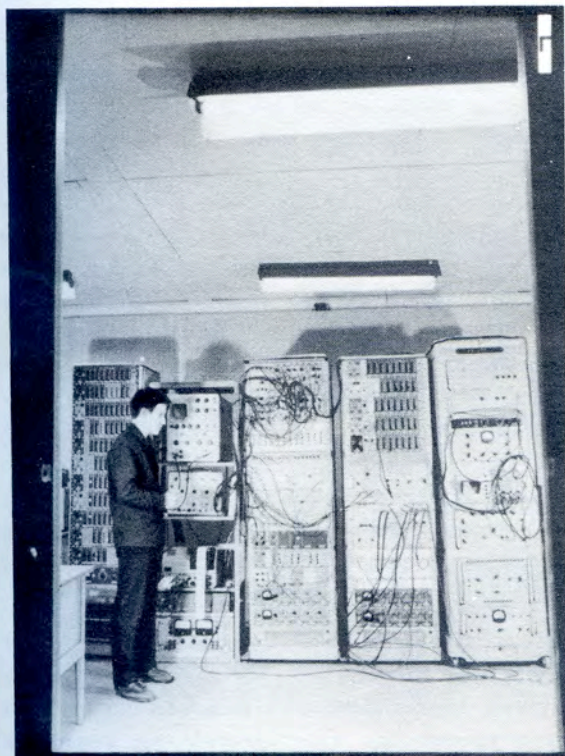
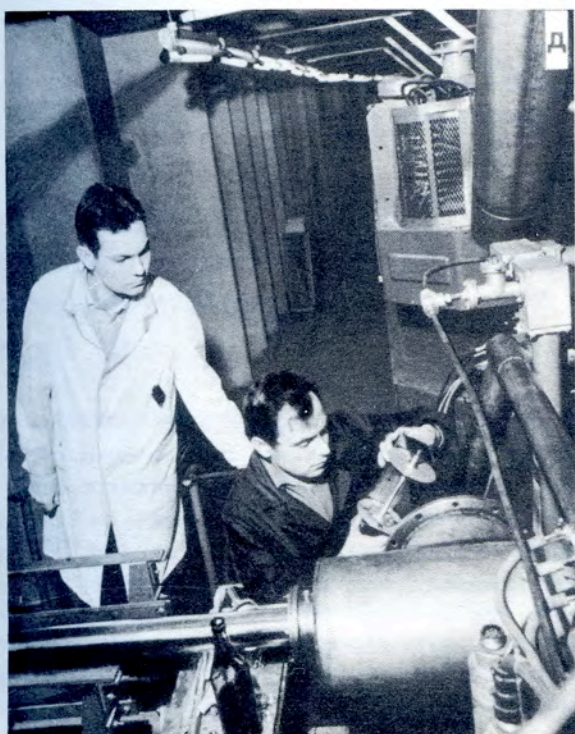


Рис. 4. Для исследований дифференциальных сечений упругого  $pp$ -рассеяния в интервале энергий  $10+70$  Гэв используется электронная установка с полупроводниковыми детекторами и сцинтилляционными счетчиками, работающая на линии с электронно-вычислительной машиной. Мишенями служат тонкие полиэтиленовые пленки или сверхзвуковая газовая водородная струя.

**а.** Общий вид установки. **б.** Схема установки:  $P_0$  - направление движения падающих на мишень протонов;  $M$  - мишень,  $S_i$  - детекторная каретка с полупроводниковыми детекторами;  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  - телескопы из сцинтилляционных счетчиков; 1 - ионопровод; 2 - магнит ускорителя; 3 - механизм перемещения детекторов; 4 - шибер, перекрывающий ионопровод от камеры ускорителя. **в.** Сборка соплового аппарата струйной мишени в камере 70 Гэв ускорителя. Сборку ведет В.Д. Бартевьев. **г.** Регистрирующая электронная аппаратура спектрометра частиц отдачи. **д.** Подготовка пленочной мишени к работе. На снимке: В.А. Никитин и А.А. Кукушкин. **е.** Пульт электронно-вычислительной машины БЭСМ-3М, работающей на линии с электронной аппаратурой спектрометра частиц отдачи. У пульта - В.И. Заячки.



регистрировано  $10^7$  событий упругого рассеяния. Относительный ход дифференциальных сечений измерен в области значений квадратов переданных импульсов ( $0,008 \leq |t| \leq 0,12$ ) (Гэв/с)<sup>2</sup>.

Относительные дифференциальные сечения анализировались по формуле Бете:

$$\frac{d\sigma}{dt} = C [M^2 + D^2 + Q^2 - 2Q(D + 2nM \ln \frac{\phi}{\theta})],$$

где

$$M = \left\{ \left| \frac{d\sigma}{dt} \right|_{\text{opt}} \right\}^{1/2} \cdot \exp \{ 1/2 \cdot V_J \cdot t \} -$$

— мнимая часть амплитуды упругого рассеяния протонов протонами,  $D = \alpha M$  — действительная часть амплитуды упругого рассеяния протонов протонами,  $V_J$  — параметр наклона дифференциального сечения,  $Q$  — кулонова амплитуда рассеяния,  $n = 1/137 \cdot \beta_{\text{лаб}}$ ,  $\phi = 1,06/ka$ ,  $a$  — радиус нуклона,  $\theta$  и  $k$  — угол рассеяния и волновое число в с.д.м.,  $C$  — константа. Параметры  $V_J$  и  $C$  находились методом наименьших квадратов. При

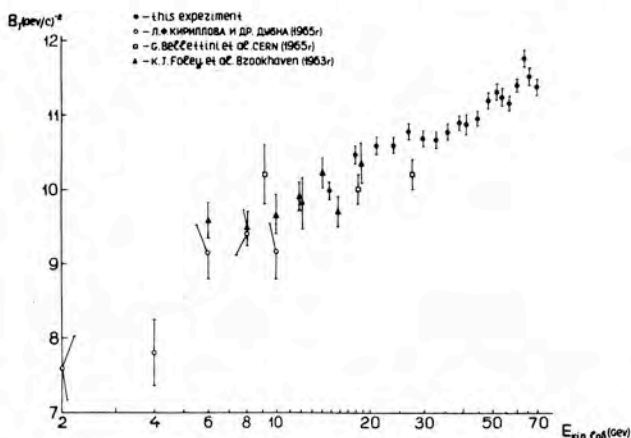


Рис. 5. Параметр наклона  $V_J$  упругого рассеяния протонов протонами в зависимости от энергии протонов в интервале энергии от 2 до 70 Гэв.

определении значений  $\alpha$  использовалась кривая, рассчитанная Зёдингером на основе дисперсионных соотношений.

Совокупность экспериментальных данных позволила определить параметр наклона дифференциального сечения упругого рассеяния протонов протонами в 20 точках в интервале энергий 12–70 Гэв. Результат показан на рис. 5, из которого видно, что параметр наклона растет с ростом энергии первичных протонов. В рамках оптической модели это соответствует росту радиуса взаимодействия от 1,23 до 1,34 ферми. Полученные данные позволили, применяя пятиполюсную модель в рамках теории полюсов Редже, вычислить наклон траектории полюса Померанчука, который оказался равным:  $\alpha'_p = 0,40 \pm 0,09$ .

б) С помощью той же экспериментальной установки, но при использовании в качестве мишени сверхзвуковой газовой водородной струи проведены предварительные измерения действительной части амплитуды упругого  $pp$ -рассеяния в интервалах энергий 8+15, 28+33 и 45+50 Гэв. Этот эксперимент позволяет измерить дифференциальные сечения упругого рассеяния протонов протонами в интерференционной области вплоть до  $|t| = 0,001$  (Гэв/с)<sup>2</sup>.

### Исследование амплитуды упругого $\pi^-p$ -рассеяния в интервале импульсов 2-7 Гэв/с

При помощи дифференциальных газовых черенковских счетчиков и бесфильмовых искровых камер, работающих на линии с ЭВМ БЭСМ-4, измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния отрицательных пионов на протонах при импульсах пионов 4,19 и 4,95 Гэв/с. Результаты этих измерений вместе с другими данными, а также их сравнение с теоретическими расчетами показаны на рис. 7.

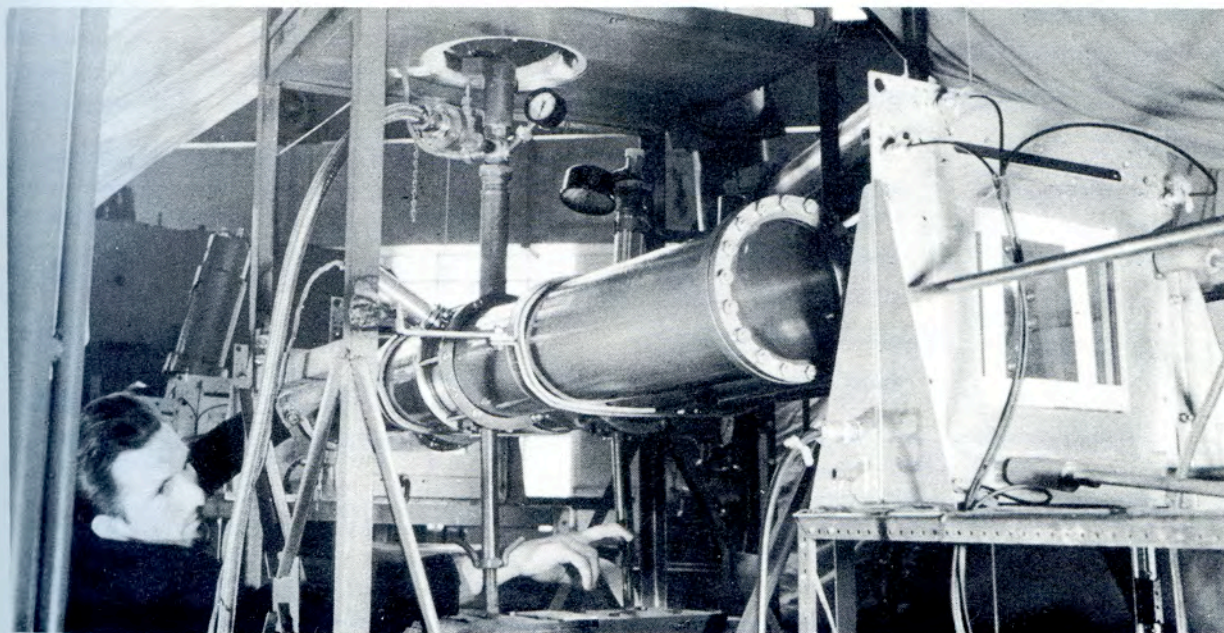


Рис. 6. Прецизионная установка с жидководородной мишенью, используемая в эксперименте по изучению  $\pi^-p$ -рассеяния на малые углы.

$$\bar{\pi}^- p \rightarrow \bar{\pi}^- p$$

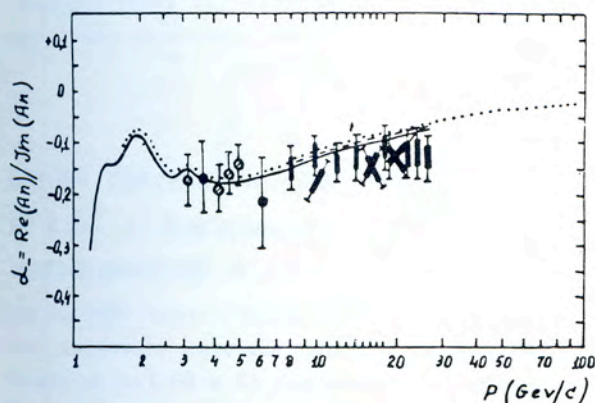


Рис. 7. Экспериментальные данные об отношении реальной части к мнимой части амплитуды упругого  $\pi^-p$ -рассеяния в зависимости от импульса пионов и их сравнение с дисперсионными расчетами.

### Исследование радиационных распадов резонансов

С помощью спектрометра из черенковских счетчиков полного поглощения и искровых камер изучался распад  $\chi$ -мезона (960 Мэв) на два гамма-кванта. Верхняя граница вероятности этого распада относительно всех возможных типов распада оказалась равной  $0,03 \pm 0,05$ .

При использовании этой же установки измерено сечение образования  $\eta^0$ -мезона в области малых передач импульса. Показано (см. рис. 8), что в области малых передач импульса величина  $d\sigma/dt$  непостоянна. На рис. 8 приведены результаты данной работы и работы Гисона и др.



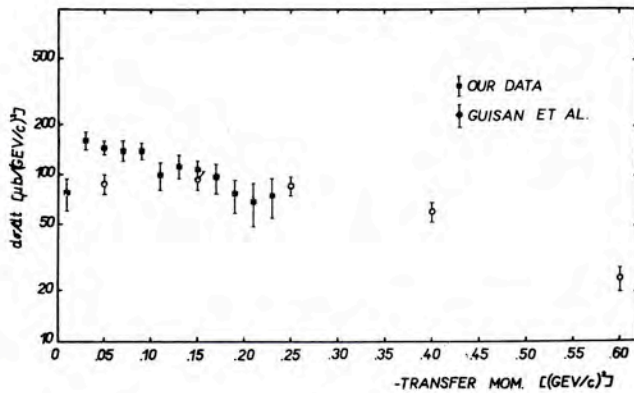


Рис. 8. Дифференциальные сечения реакции  $\pi^-p \rightarrow \pi^+\eta^0 + \pi^-\pi^0$  в зависимости от квадрата четырехмерного переданного импульса.

### Радиационные распады $K^+$ -мезонов

На основе снимков с 55-сантиметровой ксенонной камеры завершено исследование распадов  $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^0\gamma$  в области малых энергий  $\pi^+$ -мезонов ( $T_{\pi^+} < 55$  Мэв). Установлено, что процесс распада хорошо описывается как переход с помощью внутреннего тормозного излучения. С учетом результатов, относящихся к области  $T_{\pi^+} \geq 55$  Мэв, сделано заключение, что в исследуемом распаде амплитуда с прямой эмиссией гамма-кванта по крайней мере не больше амплитуды внутреннего тормозного излучения и относительная частота прямой эмиссии фотонов не превышает  $10^{-4}$ .

### Множественное рождение пионов в $\pi^-p$ -взаимодействиях

На основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры проведено изучение реакций

$$\pi^-p \rightarrow \begin{cases} n \pi^+ \pi^- m \pi^0, & (1) \\ n 2\pi^+ 2\pi^- m \pi^0. & (2) \end{cases}$$

Обработано 150 тыс. кадров. Найдены сечения реакций:

$$\sigma(\pi^-p \rightarrow n \pi^+ \pi^- \pi^0) = (2,3 \pm 0,5) \text{ мбн,}$$

$$\sigma(\pi^-p \rightarrow n \pi^+ \pi^- 2\pi^0) = (2,1 \pm 0,4) \text{ мбн,}$$

$$\sigma(\pi^-p \rightarrow n \pi^+ \pi^- 3\pi^0) = (0,4 \pm 0,2) \text{ мбн,}$$

$$\sigma(\pi^-p \rightarrow n \omega^0 \pi^0) = (0,47 \pm 0,15) \text{ мбн,}$$

$$\sigma(\pi^-p \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- \pi^0) = (1,02 \pm 0,06) \text{ мбн,}$$

$$\sigma(\pi^-p \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- 2\pi^0) = (0,24 \pm 0,03) \text{ мбн,}$$

$$\sigma(\pi^-p \rightarrow N^* 2\pi^+ \pi^- \pi^0) = (0,18 \pm 0,12) \text{ мбн.}$$

В реакции (1) обнаружена корреляция между продольными и поперечными импульсами частиц в с.д.м., которую нельзя объяснить статистической теорией. В реакции (2) такая корреляция отсутствует. Работа выполнена совместно с Пражским университетом.

### Ядерные взаимодействия частиц с энергией $\sim 50$ Гэв в фотоэмульсиях

12 фотоэмульсионных стопок объемом до 1 литра каждая были облучены отрицательными пионами с энергией 45 и 60 Гэв на ускорителе ИФВЭ. Материал был направлен в 17 лабораторий стран - участниц ОИЯИ. Получены первые совместные результаты по темам: "Общие характеристики взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 60 Гэв/с с нуклонами" и "Когерентная генерация частиц на ядрах фотоэмульсии  $\pi^-$ -мезонами с импульсом 60 Гэв/с".

Найдено, что средняя множественность заряженных частиц в  $\pi^-p$ -взаимодействиях равна  $6,0 \pm 0,2$ , откуда следует, что средняя множественность зависит от энергии, как  $E^{1/4}$ .

Асимметрия вылета частиц в с.ц.м. и ее зависимость от множественности аналогичны измеренным ранее при энергии 7 Гэв. Поэтому можно заключить, что качественных изменений характера взаимодействия при росте энергии примерно в 10 раз не наблюдается.

Найдено, что сечение когерентной генерации на ядрах фотоэмульсии увеличивается примерно в 2,5 раза при изменении энергии пионов от 17 до 60 Гэв.

На рис. 9 показан средний пробег пионов для когерентной генерации в ядрах эмульсии в зависимости от энергии пионов. Точки при энергиях 45 и 60 Гэв — экспериментальные данные настоящей работы.

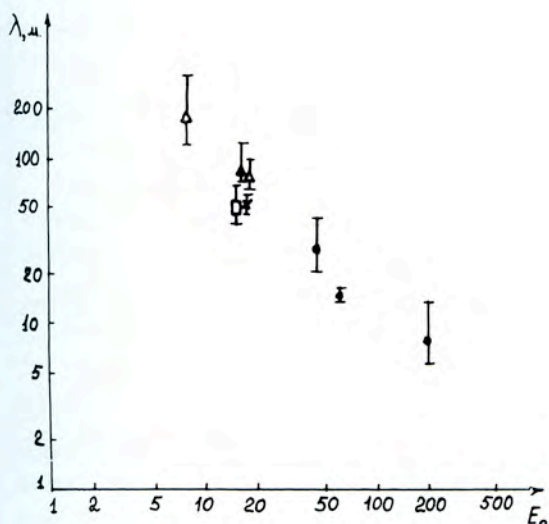
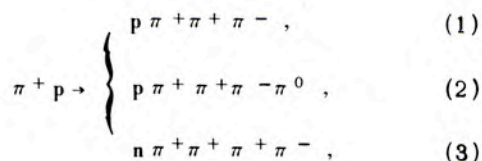


Рис. 9. Средний пробег пионов для когерентной генерации в ядрах эмульсии в зависимости от энергии пионов в л.с.к.

### Четырехлучевые $\pi^+p$ -взаимодействия при импульсе $\pi^+$ -мезонов 2,34 Гэв/с

Закончена обработка около 8 тыс. фотографий событий с 40-сантиметровой жидководородной камеры, и выделены каналы реакций



сечения которых оказались равными  $3,74 \pm 0,11$ ;  $3,07 \pm 0,10$  и  $0,24 \pm 0,01$  мбн соответственно.

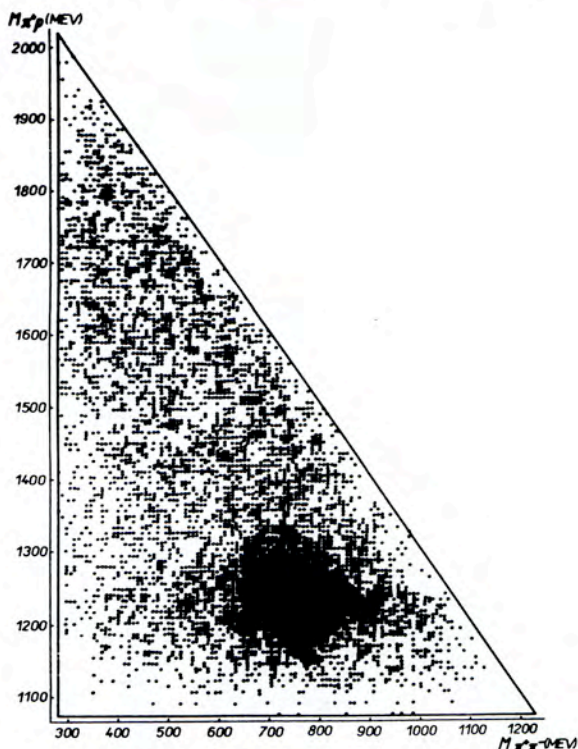


Рис. 10. Двухмерное распределение эффективных масс  $M_{\pi^+p}$  и  $M_{\pi^+\pi^-}$  для реакции  $\pi^+ p \rightarrow p \pi^+ \pi^+ \pi^-$ .



углах рождения  $\theta^*$  достаточно ограничиться распределением только трех амплитуд:

$$\langle \frac{3}{2} 1 | R | 1/2 \rangle, \langle \frac{1}{2} 0 | R | \frac{1}{2} \rangle \text{ и } \langle -\frac{1}{2} -1 | R | \frac{1}{2} \rangle.$$

Вычисление этих амплитуд показало, что ос-

новной вклад в реакцию  $\pi^+ p \rightarrow N^{*++} \rho^0$  при  $\theta^* \leq 11^\circ$  дает амплитуда  $\langle \frac{1}{2} 0 | R | \frac{1}{2} \rangle$ , а две другие практически равны нулю, т.е. при малых углах рождения основную роль играет одна амплитуда, которая описывает процесс, проходящий без изменения спиральности частиц в начальном и конечном состояниях.

### Обработка снимков с 55-сантиметровой ксеноновой пузырьковой камеры

Завершены работы по исследованию спектра эффективных масс системы  $(\pi^0 \pi^0)$  в диапазоне значений  $M(\pi^0 \pi^0) \leq 1,3$  Гэв, а также нейтральных мод распада  $\omega^0$ -частицы. Изучались реакции типа  $\pi^+ + p \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + p$  на квазисвободных нейтральных ядрах ксенона. Было обработано свыше 500 тыс. фотографий с 30-литровой ксеноновой пузырьковой камеры, облученной в пучке  $\pi^+$ -мезонов с импульсом 2,34 Гэв/с.

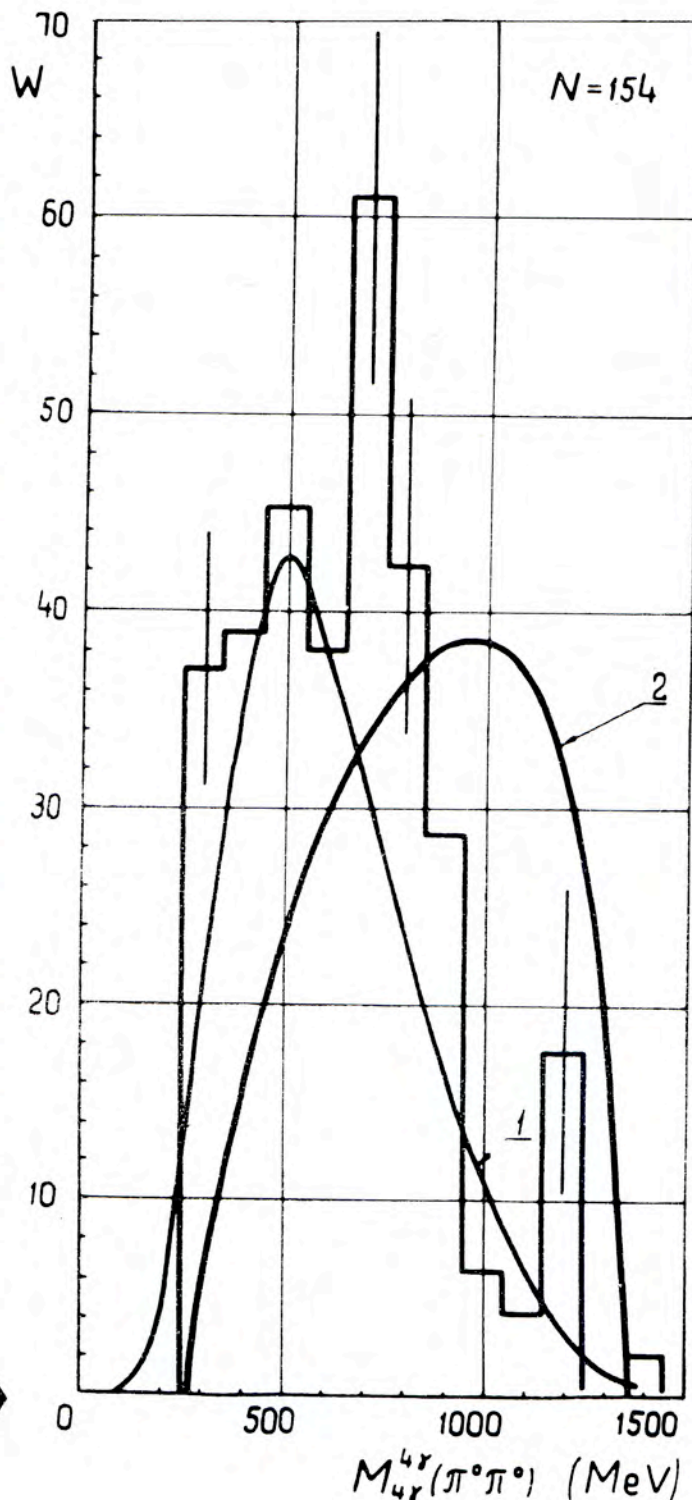
На рис. 12 показан спектр эффективных масс  $M(\pi^0 \pi^0)$ . Наблюдается пик в области значений масс от 650 до 850 Мэв со средним значением  $M(\pi^0 \pi^0) = 730 \pm 15$  Мэв. Ширина пика  $\Gamma = 170 \pm 65$  Мэв.

Сечение рождения системы  $\sigma[\pi^+ + p \rightarrow (\pi^0 \pi^0) + p] \approx 0,1 \sigma[\pi^+ + p \rightarrow \eta^0 + p]$ .

Информация, касающаяся нейтральных мод

Рис. 12. Распределение эффективных масс  $M_{\text{эф}}(\pi^0 \pi^0)$ . Кривая 1 - распределение случайных комбинаций  $(\pi^0 \pi^0)$ . Кривая 2 -

фазовое пространство для реакции  $\pi^+ + p \rightarrow \pi^0 \pi^0 + p$  при 2,34 Гэв/с.



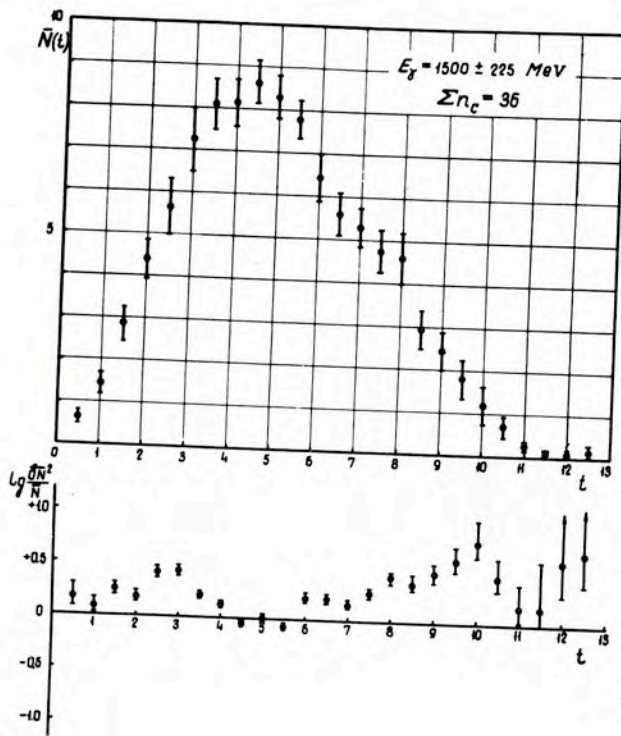


Рис. 13. Типичный случай ливня, созданного гамма-квантом в жидком ксеноне.  $P_1$  - точка генерации  $\pi^0$ ,  $P_2$  - точка конверсии гамма-кванта. Полная энергия ливня равна 1500 Мэв.

Рис. 14. Каскадная кривая и флуктуации числа частиц в ливнях, созданных гамма-квантами с энергиями  $(1500 \pm 225)$  Мэв. Начало отсчета от точки  $P_1$ .

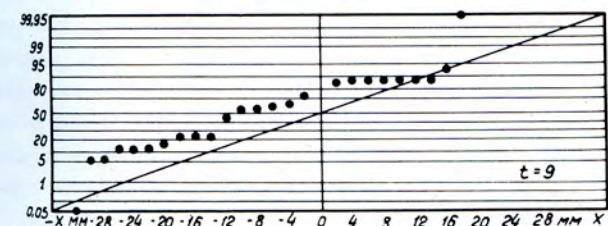
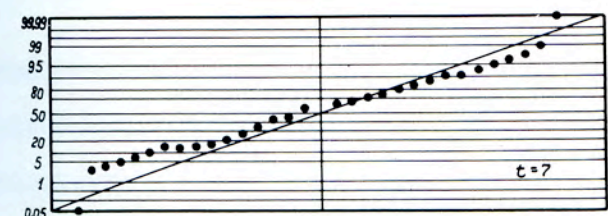
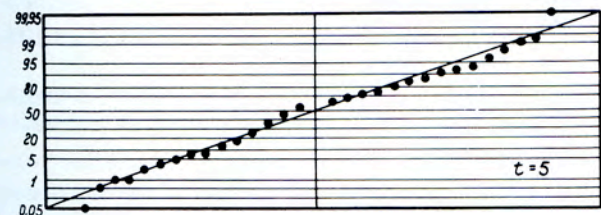
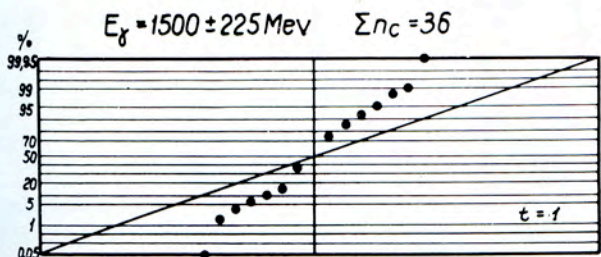
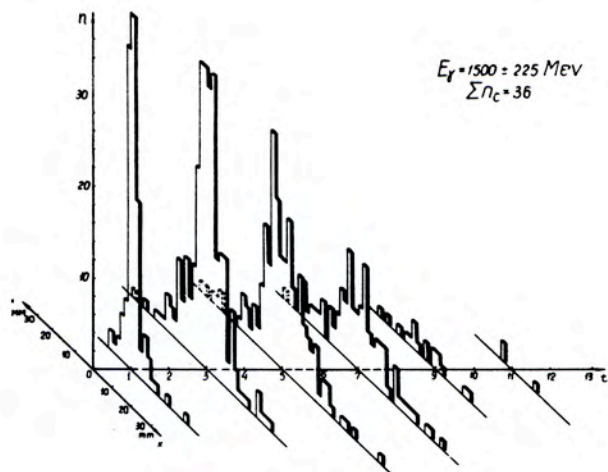


Рис. 15. Распределения расстояний ливневых частиц от оси ливня на разных глубинах

Рис. 16. Характеристика поперечных распределений частиц в ливне при разных  $t$ .



распада  $\omega^0$ -частицы, была получена в результате обработки этих же снимков:

$$R_1 = \frac{N(\omega^0 \rightarrow \eta^0 \gamma \rightarrow \gamma \gamma \gamma)}{N(\omega^0 \rightarrow \pi^0 \gamma)} = 0,22 \pm 0,11,$$

$$R_2 = \frac{N(\omega^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 \gamma)}{N(\omega^0 \rightarrow \pi^0 \gamma)} = 0,45 \pm 0,33.$$

Исследован также процесс развития электроно-фотонных ливней, созданных гамма-квантами с энергией от 20 до 2000 Мэв в жидком ксеноне. Изучались флуктуации продольного и поперечного развития ливней. На рис. 13 показана типичная картина исследованных ливней. На рис. 14, 15 и 16 приведены для примера характеристики ливней с энергией  $E = 1500 \pm 225$  Мэв.

## Рождение странных частиц

### в $\pi^- p$ -взаимодействиях

Проведено изучение рождения странных частиц в  $\pi^- p$ -взаимодействиях при 4 Гэв/с на основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры. Работа велась совместно с Лабораторией высоких энергий Института атомной физики Румынской академии наук (Бухарест). Было обработано около 4000 фотографий зарегистрированных событий и сделаны следующие выводы.

1) Полученные данные о сечениях рождения резонансов  $K_{890}^*$  и  $Y_{1385}^*$  в реакциях  $\pi^- p \rightarrow Y K \pi \pi$  (где  $Y \rightarrow \Lambda^0$  или  $Y \rightarrow \Sigma^0$ ) показывают, что названные резонансы при этой энергии образуются в основном при малых переданных от нуклона к гиперону импульсах, т.е. периферически. Вклад квазидвухчастичных

Рис. 17. Спектр масс системы лямбда-протон. По оси абсцисс отложена сумма кинетических энергий лямбда-частицы и протона.

процессов  $\pi^- p \rightarrow Y_{1385}^* K_{890}^*$  в рассматриваемые реакции составляет около  $(4,1 \pm 3,3) \text{ мкбн}$

2) Изучение спектра эффективных масс  $\Lambda K^0$ - и  $\Lambda K^+$ -комбинаций в реакциях  $\pi^- p \rightarrow Y K \pi \pi$  говорит о возможности образования в этих процессах нуклонной изобары  $N_{1/2}^*(1700)$ , распадающейся на  $\Lambda$ - и  $K$ -частицы.

3) Анализ экспериментальных данных относительно корреляции между продольной и поперечной составляющими импульсов вторичных частиц в  $\pi^- p$ -взаимодействиях с рождением странных частиц указывает на то, что для  $\pi^-$ -мезонов, образующихся совместно со странными частицами, зависимость

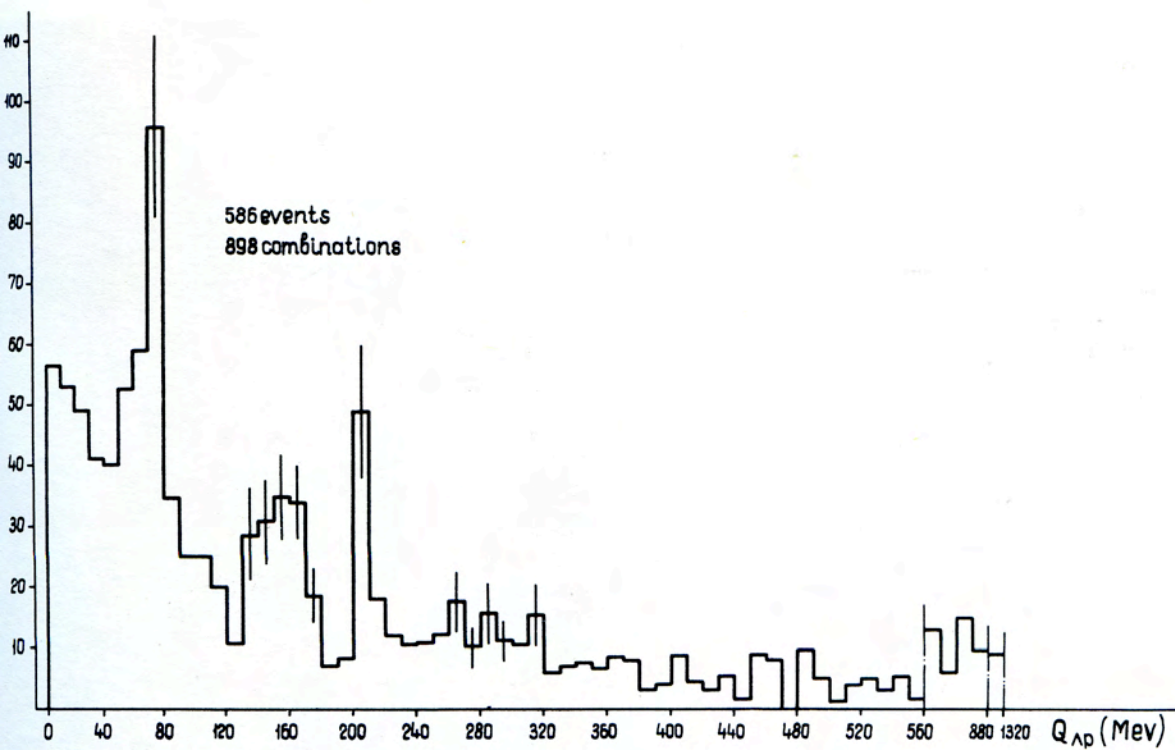
$\bar{p}_\perp / p_{||}^*$  хорошо описывается инвариантным фазовым объемом, т.е. матричный элемент взаимодействия можно считать зависящим только от параметров барионов. В то же время для  $K^-$ -мезонов и барионов ( $\Lambda$ ,  $\Sigma$  и  $N$ ) зависимость  $\bar{p}_\perp / p_{||}^*$  не может быть описана фазовым объемом.

## Исследование двухбарионных резонансов

### в $pp$ -взаимодействиях

На основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры, облученной отрицательными пионами с импульсом 4,0 Гэв/с и нейтронами со средним импульсом 7,2 Гэв/с, завершён поиск двухбарионных резонансов в системе

$\Lambda p$ . На рис. 17 показан найденный спектр масс системы  $\Lambda p$ . Работа выполнена совместно с ЛВТА.





# Лаборатория высоких энергий

## Пузырьковые камеры

1. Установка с двухметровой пропановой камерой смонтирована на пучке отрицательных пионов с импульсом 40 Гэв/с в Институте физики высоких энергий и подготовлена к облучению. На рис. 67 показан ее общий вид в экспериментальном зале ИФВЭ.

2. 2-метровая жидководородная пузырьковая камера. Завершен весь комплекс азотных испытаний установки "В-2", включающей двухметровую жидководородную пузырьковую камеру. С окончанием строительства испытательного корпуса установка перебазирована в это здание и успешно выдержала экзамен в работе с жидким водородом. Некоторые ее узлы показаны на рис. 68.

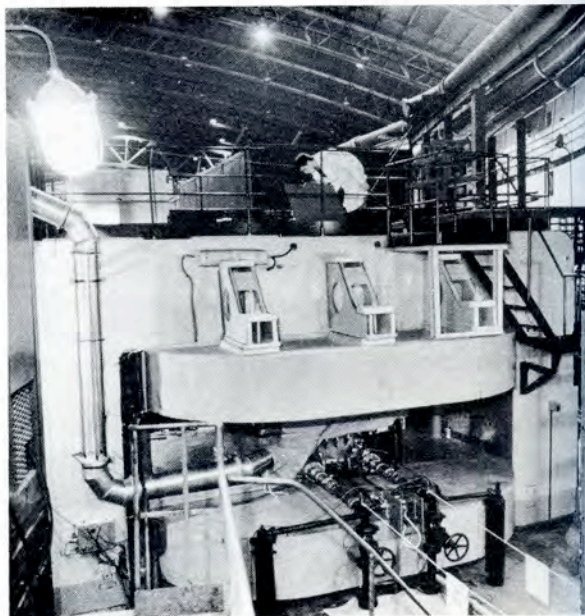
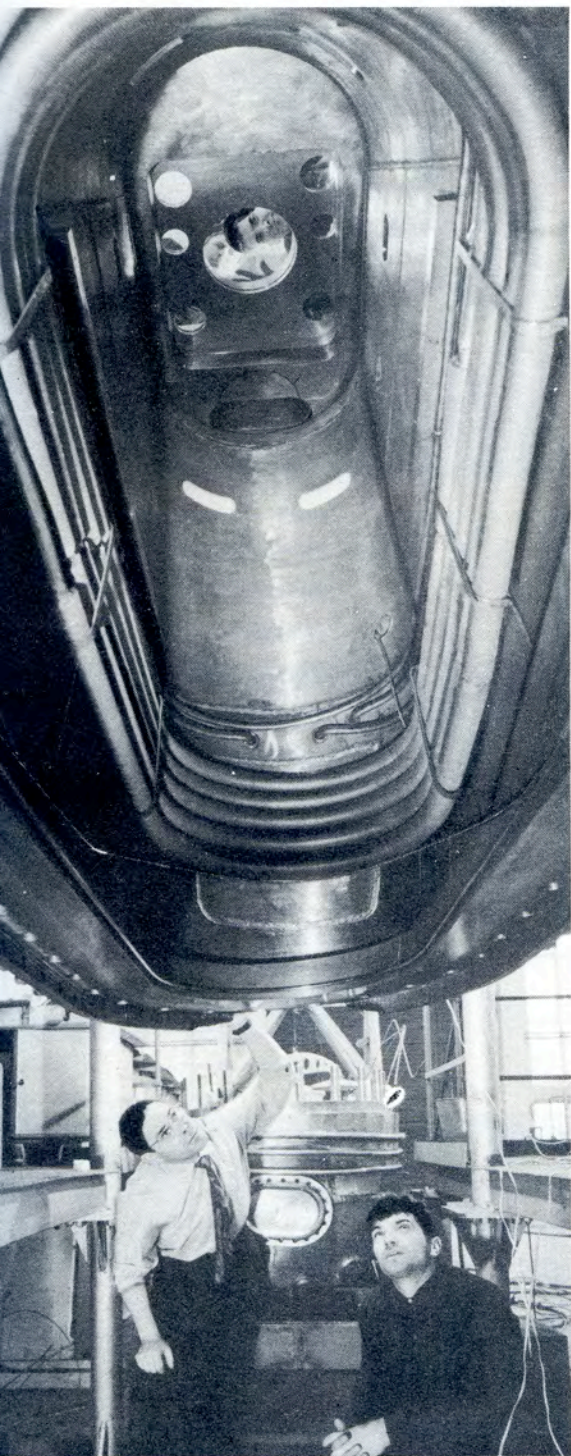


Рис. 67. Общий вид двухметровой пропановой камеры, установленной в пучке отрицательных пионов с импульсом 40 Гэв/с в ИФВЭ (Серпухов).

Рис. 68. Сборка 2-метровой жидководородной пузырьковой камеры в испытательном павильоне.

## Искровые камеры и электроника



1. Экспериментальная установка для исследования асимптотического поведения амплитуд рассеяния и оценки электромагнитного формфактора  $K^0$ -мезонов в опытах по регенерации  $K^0$ -мезонов высоких энергий смонтирована в ИФВЭ. Эта аппаратура, работающая на линии с ЭВМ БЭСМ-3М, проходит комплексные испытания на пучке нейтральных частиц серпуховского ускорителя. Запись экспериментальных данных осуществляется на магнитные ленты. На рис. 69 показаны отдельные узлы этой системы.

2. Начата подготовка к эксперименту в ИФВЭ по исследованию электромагнитных размеров  $\pi^-$ -мезона. Создана, налажена и испытывается на пучке синхрофазотрона ЛВЭ электронная аппаратура, сцинтилляционные счетчики, магнестрикционные искровые камеры, работающие на линии с БЭСМ-4. Разрабатываются программы для записи экспериментальных данных на магнитные ленты и дальнейшей их обработки.

## Криогенные разработки

1. Сверхзвуковая струйная водородная мишень создана для проведения экспериментов по исследованию упругого рассеяния протонов на протонах на малые углы. Мишень установлена на внутреннем пучке ускорителя ИФВЭ.

Формирование струи водорода осуществляется системой соосных сопел. Плотность струи на уровне взаимодействия с пучком равна  $(3+5) \cdot 10^7$  частиц/см<sup>3</sup>. Ее улавливание

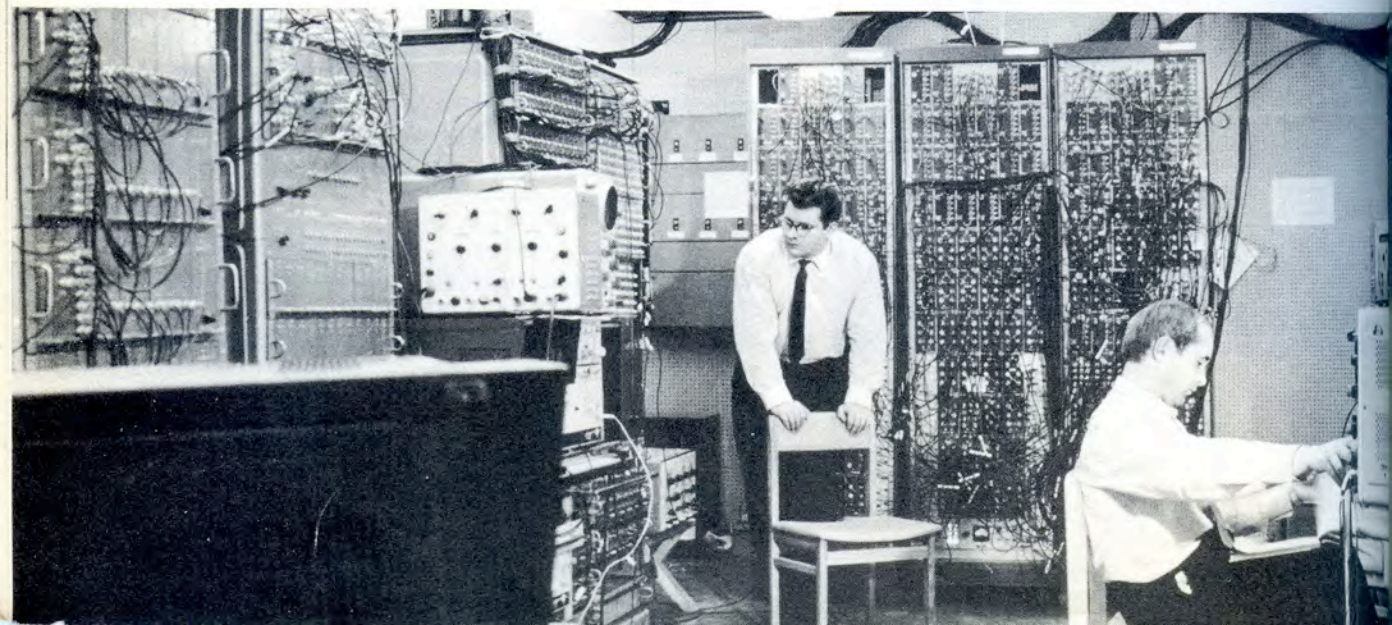
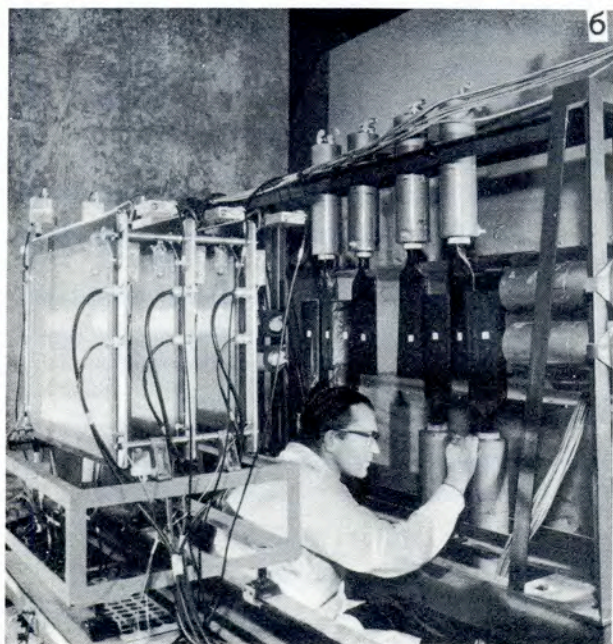
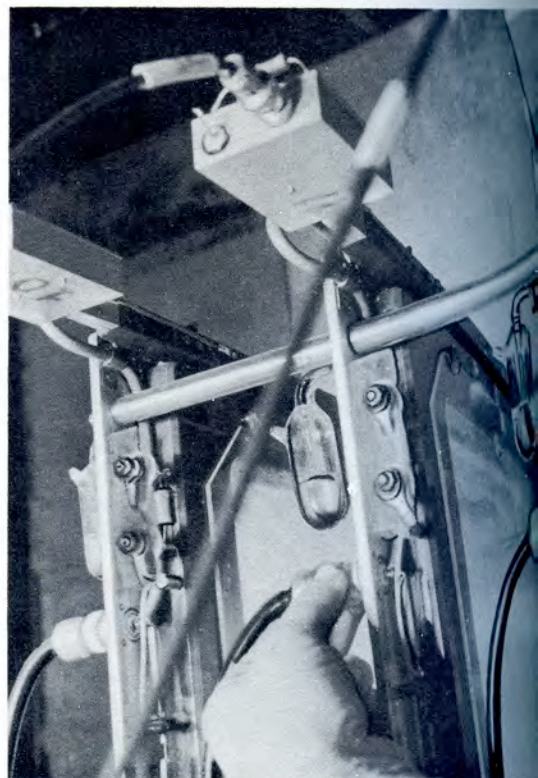


Рис. 69. Установка для эксперимента с  $K^0$ -мезонами на ускорителе 76 Гэв ИФВЭ.

**а.** Юстировка счетчиков годоскопа. На снимке: В.Г. Кривохижин и И.А. Савин.

**б.** Блок из трех искровых камер перед магнитом и счетчики фронтального годоскопа, участвующие в системе запуска искровых камер. На снимке: Б.Н. Гуськов.

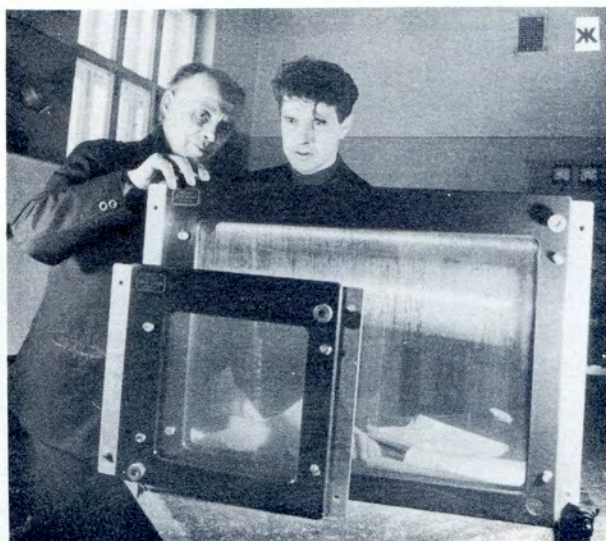
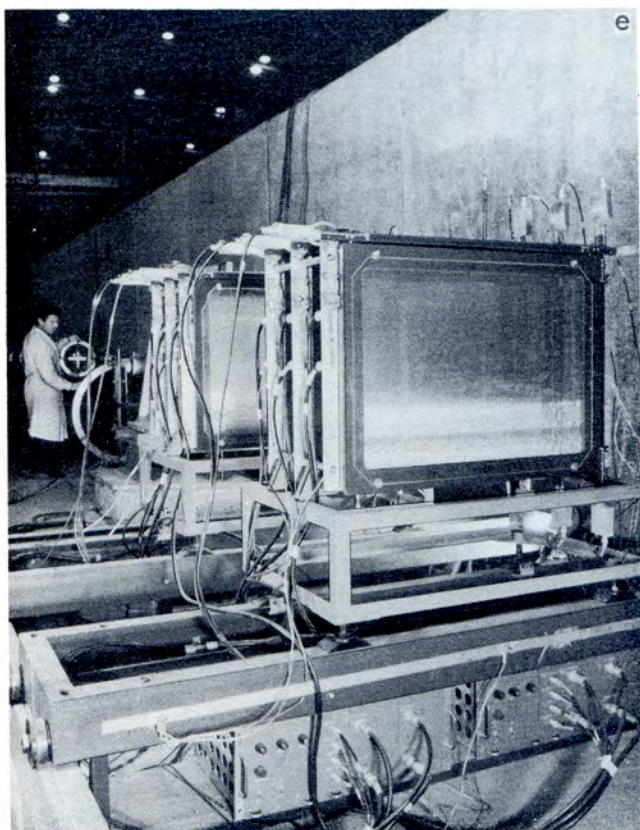
**в.** Элементы конструкции искровых камер (вверху - предусилители, ниже - узлы системы продувки газа).

**г.** Пульт управления потоками газовой смеси, продуваемой через камеры.

**д.** Электронная аппаратура в экспериментальном домике. На заднем плане - стойки быстрой электроники для запуска искровых камер, слева - система приема сигналов с искровых камер и передачи их в вычислительную машину, справа - пересчетные схемы.

**е.** Головная часть установки. Распады  $K^0$ -мезонов, регистрируемые установкой, происходят в вакуумной трубе, которая видна на заднем плане.

**ж.** В эксперименте используются проводочные искровые камеры, разработанные и изготовленные в Лаборатории высоких энергий. На снимке: В.П. Пугачевич и И.А. Голутвин.



производится гелиевым конденсационным насосом. Электромагнитный клапан впрыска водорода работает синхронно с циклом ускорителя (цикличность 7 сек). Время непрерывной работы мишени — около 2 часов — определяется запасом жидкого гелия в дьюаре (50 л.). На рис. 70 показана принципиальная схема сверхзвуковой струйной газовой мишени. 2. Установка с 3-метровой жидководородной мишенью построена для исследования асимптотического поведения амплитуд рассеяния на серпуховском ускорителе. Мишень представляет собой цилиндр из нержавеющей стали, внутри которого один р

другом расположены внутренний сосуд, состоящий из рабочего и охранного объемов, и азотный сосуд. Рабочий и охранный объемы заливаются жидким водородом.

Технические данные: длина рабочего объема 3000 мм; диаметр окон 120 мм; количество вещества на пути частиц: а) на входе в мишень  $0,0585 \text{ г/см}^2$ ; б) на выходе из мишени  $0,0585 \text{ г/см}^2$ ; емкость рабочего объема 35 литров; время непрерывной работы без доливки водорода 72 часа. На рис. 71 показан общий вид установки.

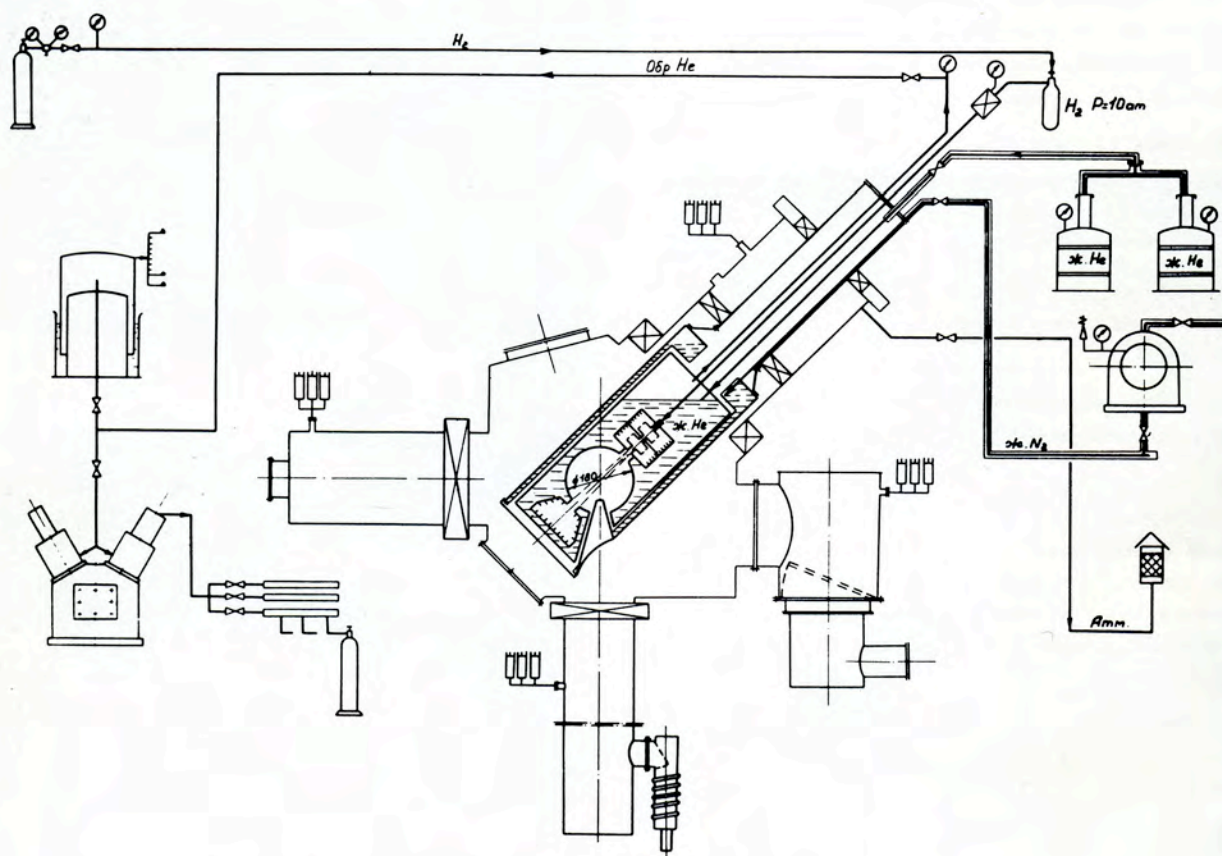


Рис. 70. Принципиальная схема сверхзвуковой газовой струйной мишени.

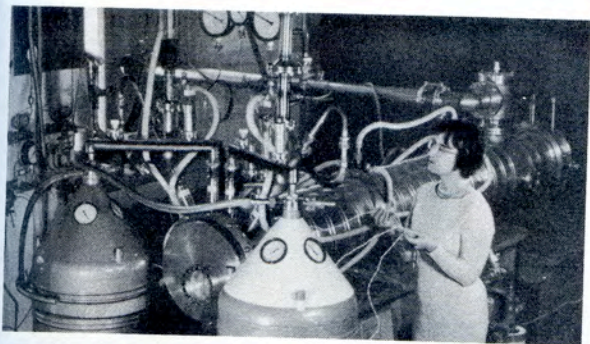


Рис. 71. Общий вид установки с 3-метровой жидководородной мишенью.

3. Криогенную прецизионную установку с 50-сантиметровой жидководородной мишенью предполагается использовать в экспериментах по измерению с высокой точностью полных сечений взаимодействия элементарных частиц с протонами. Основным ее элементом является жидководородная цилиндрическая мишень с окнами  $\phi 100$  мм. Двойные лавсановые окна на торцах внутреннего сосуда обеспечивают одинаковое количество водорода на пути частиц, идущих параллельно оси пучка, которое определяется с точностью  $0,023 \pm 0,053\%$  (в зависимости от диаметра пучка частиц). Количество водорода в мишени по оси пучка -  $3,5 \text{ г/см}^2$ , количество постороннего вещества -  $0,0725 \text{ г/см}^2$ . Стабилизатор давления обеспечивает поддержание давления над кипящей жидкостью с точностью  $\pm 0,5$  мм. рт. ст.. Установка (ее общий вид показан на рис. 72) позволяет работать без доливки жидкого водорода в течение 50 часов.

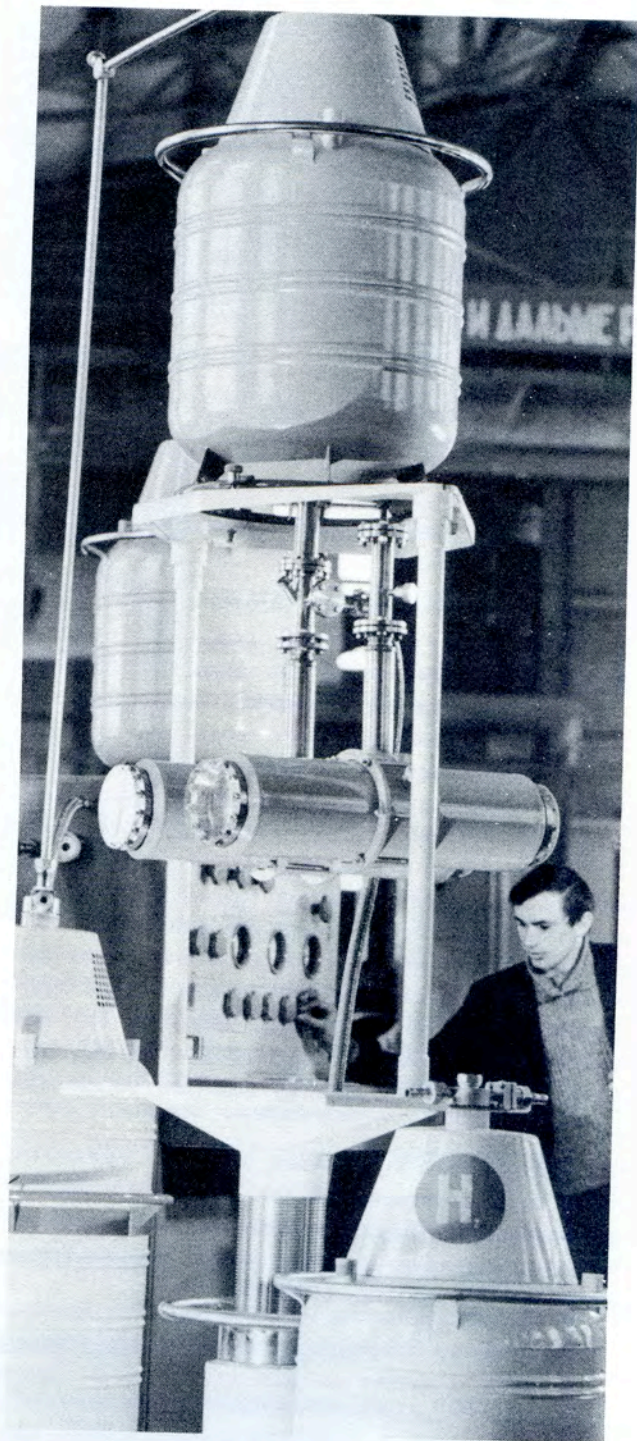


Рис. 72. Прецизионная установка с 50-сантиметровой жидководородной мишенью.

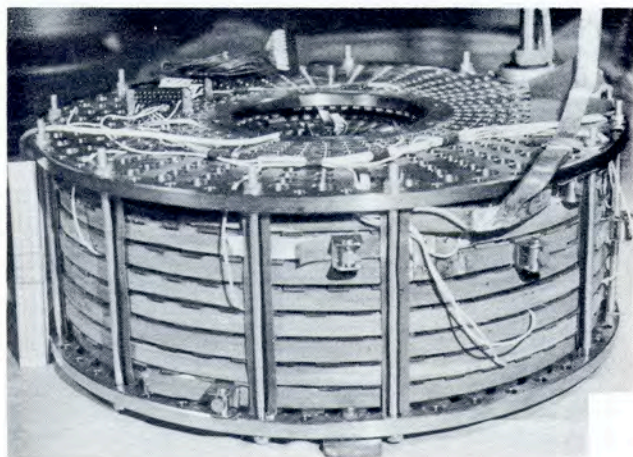


Рис. 73. Сверхпроводящий соленоид.

4. Сверхпроводящая магнитная система с соленоидом создана и прошла успешные испытания. Она включает в себя соленоид, гелиевый криостат, низковольтный генератор с регулировкой тока, устройства эвакуации энергии из соленоида с автоматом гашения поля, газовые и электронные пульты управления. Ток питания соленоида составляет 1,8 ка, напряженность магнитного поля — 25 кГс. Соленоид навит из шины, полученной способом электролитического осаждения меди на медную подложку с уложенными на нее сверхпроводящими ниобий-циркониевыми проволоками. Его внутренний диаметр (по обмотке) равен 35 см, наружный — 70 см, высота — 27 см. На рис. 73 показан общий вид соленоида.

5. Изготовлен и испытан большой гелиевый криостат диаметром 800 мм. Разработан экспериментальный двухцилиндровый гелиевый детандер. Выполнен рабочий макет секции кольцевого трона (совместно с ОНМУ).

### Работа синхрофазотрона

В 1969 году синхрофазотрон отработал на эксперимент в заданных режимах 3942 часа, что составляет 85,9% от запланированно-

го времени работы ускорителя. Из них использовано на проведение физических исследований 3125 часов и на совершенствование систем синхрофазотрона 817 часов.

### Усовершенствование синхрофазотрона

1. Для системы быстрого (до 100 мсек) вывода протонов из ускорителя в 1969 году закончено сооружение голов-

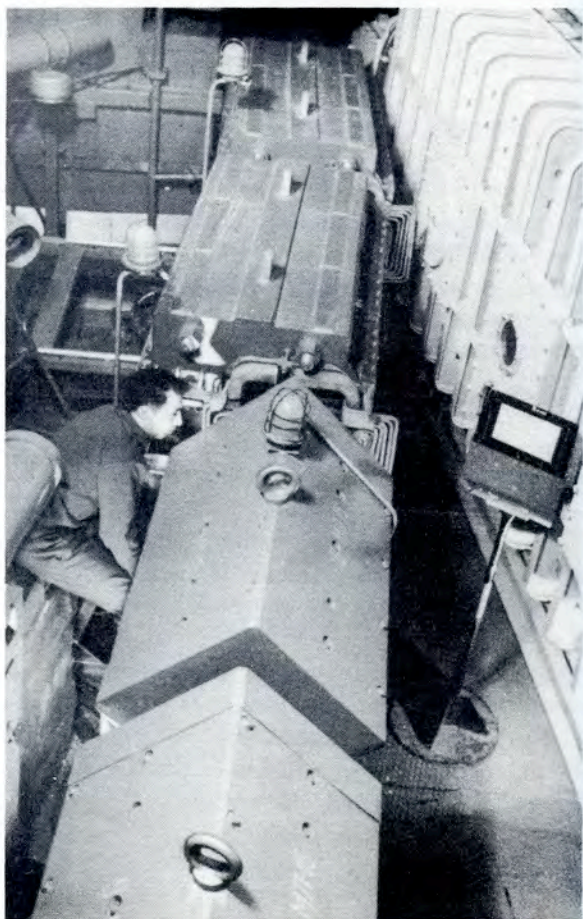


Рис. 74. Головная часть канала транспортировки пучка протонов, полученного с помощью системы быстрого вывода на синхрофазотроне.

Рис. 75. Фотография первого изображения пучка протонов (в пределах зала ускорителя), выведенного из синхрофазотрона с помощью системы быстрого вывода.

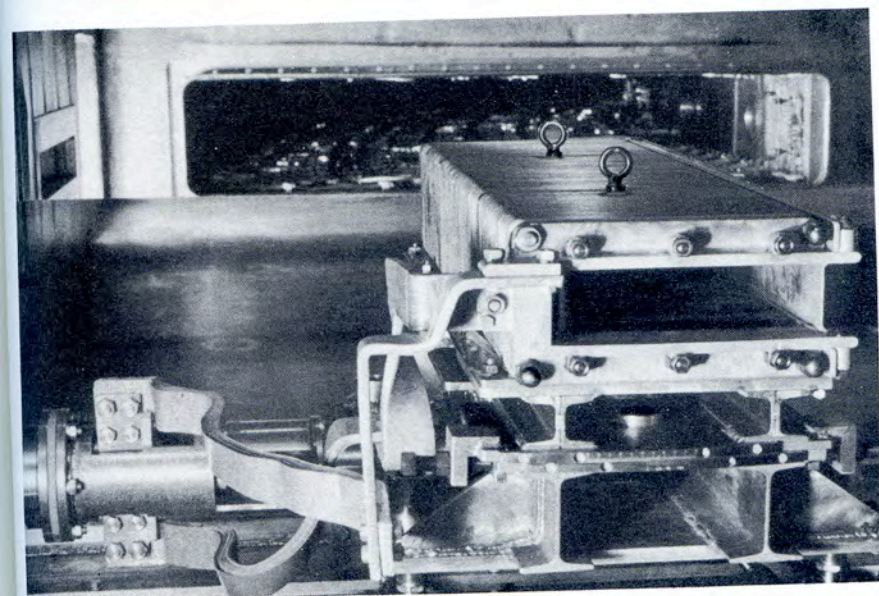
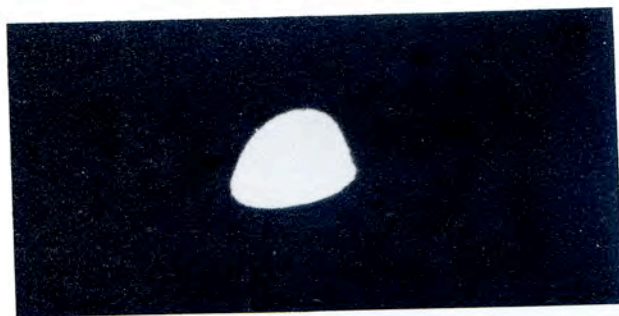


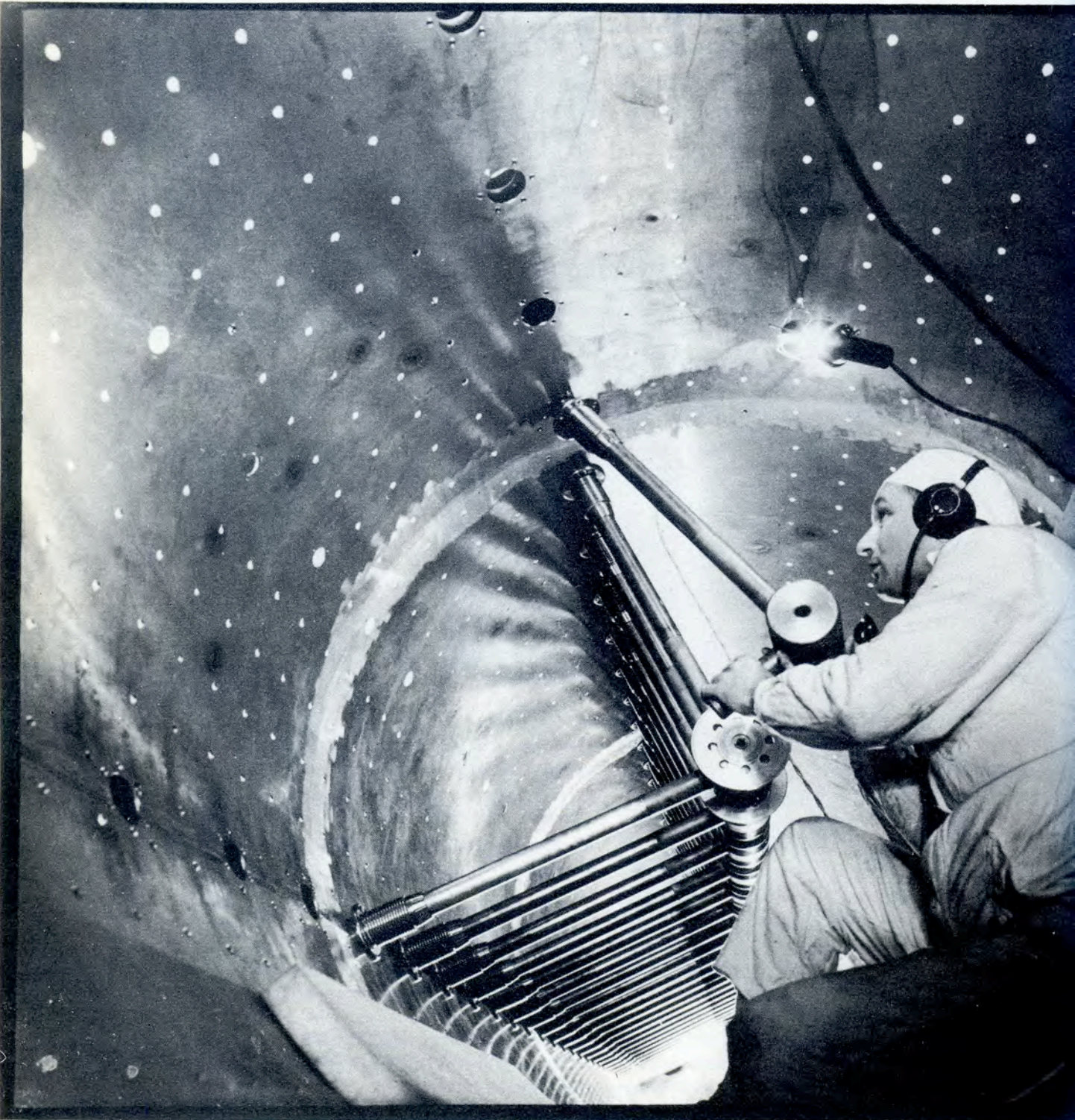
Рис. 76. Макет формагнита системы медленного вывода пучка из синхрофазотрона.

ной части канала транспортировки пучка (рис. 74) и получено его первое изображение в пределах зала ускорителя, размеры изображения по горизонтали 2 см, по вертикали 1,5 см. Фотография пучка приведена на рис. 75. 2. Для осуществления медленного вывода (100–200 мсек) выполнен расчет системы с двумя внутренними выводными магнитами и устройством фокусировки. Спроектирован и изготовлен макет первого внутреннего магнита (формагнита), изображенный на рис. 76. Он смонтирован в камере ускорителя совместно с созданным в ЛВЭ механизмом перемещения. Закончена разработка выводных внутренних магнитов и коробок прямолинейных секций ускорителя.

3. Инжектор ЛУ-20. Начат монтаж оборудования форинжектора. Выполнены измерения частотных характеристик изготовленного в ЛВЭ резонатора с ускоряющей системой, которые показали совпадение с высокой точностью экспериментальных результатов с расчетными (рис. 77).

4. Ускорение дейтронов. Велась работа по использованию для ускорения дейтронов действующего в настоящее время инжектора. Получен дейтронный ток на входе в камеру синхрофазотрона порядка 1200 мка в импульсе, примерно равный ионному току в протонном варианте.





5. Система наблюдения и измерения параметров пучка, инжектируемого в линейный ускоритель и в камеру синхрофазотрона, разработана, изготовлена и сдана в эксплуатацию. Эта система измеряет параметры пучка, не нарушая режима работы ускорителя. Узлы схемы изображены на рис. 78.

Рис. 78. Общий вид датчиков и электронных блоков системы бесконтактного измерения тока пучка, инжектируемого в линейный ускоритель и в камеру синхрофазотрона.

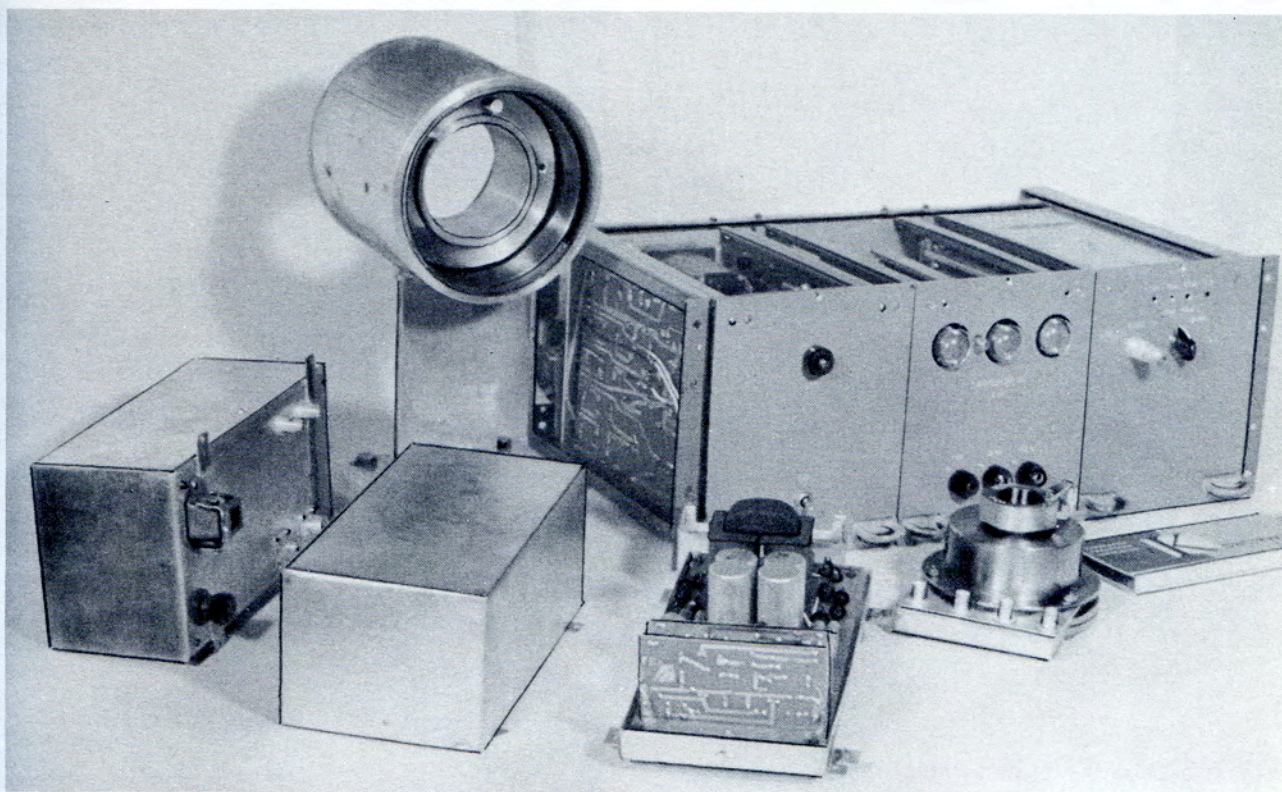


Рис. 77. Установка трубок дрейфа в линейном ускорителе на 20 Мэв, создаваемом в качестве инжектора для синхрофазотрона.