

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1967

ДУБНА

3767

СЗМ
0-299/

О Т Ч Е Т

о деятельности

Объединенного института

ядерных исследований

в 1967 году

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

ДУБНА

С. ф. 2458

Лаборатория
высоких
энергий

Основу научно-исследовательской деятельности Лаборатории высоких энергий, проводимой в тесном контакте с лабораториями стран-участниц, в 1967 году составляли исследования упругого рассеяния частиц высоких энергий и некоторых аспектов физики частиц-резонансов.

*Исследования упругого рассеяния элементарных
частиц*

πp -рассеяние в области малых углов. Завершены измерения упругого $\pi^- p$ -рассеяния в области интерференции кулоновской и ядерной амплитуд, проводившиеся методом регистрации протонов отдачи. Измерения импульсов протонов отдачи по пробегу обеспечили разрешение по квадрату четырехмерного переданного импульса

$$\Delta t \approx 10^{-4} \text{ (Гэв/с)}^2.$$

Анализ полученных дифференциальных сечений упругого $\pi^- p$ -рассеяния при импульсах начальных π^- -мезонов 3,48 и 6,13 Гэв/с показал, что в диапазоне величин $1,22 \cdot 10^{-3} \leq -t \leq 4,22 \cdot 10^{-3} \text{ (Гэв/с)}^2$ имеет место деструктивная интерференция кулоновской и ядерной амплитуд. Результаты из-

мерений фазы ядерной амплитуды, представленные на рис.2, получены при учете относительного сдвига кулоновской и ядерной амплитуд по формуле Л.Д.Соловьева.

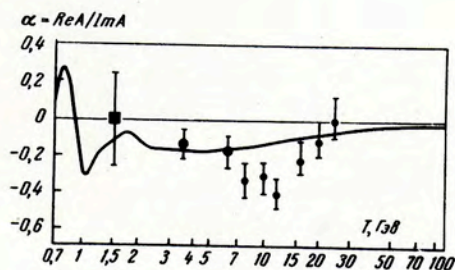


Рис.2. Зависимость отношения вещественной и мнимой частей для ядерной амплитуды упругого π^-p -рассеяния вперед от энергии пионов в лабораторной системе. Теоретическая кривая - Барашенкова /9/. \odot - данные настоящей работы; \bullet - данные /1/; \blacksquare - данные /12/. (Ссылки из работы А.А.Номофилова и др. Письма ЖЭТФ, 3, 546 (1967)).

Обработка этих же данных по формуле Бете дала следующие результаты:

$$\alpha_{\pi^-p} = \frac{\text{Re } A_{\text{яд}}}{\text{Im } A_{\text{яд}}} = -(0,17 \pm 0,07) \text{ при } p = 3,48 \text{ ГэВ/с,}$$

$$\alpha_{\pi^-p} = - (0,22 \pm 0,09) \text{ при } p = 6,13 \text{ ГэВ/с.}$$

Эти измерения показали, что в пион-нуклонном рассеянии дисперсионные соотношения выполняются вплоть до импульсов 6 ГэВ/с.

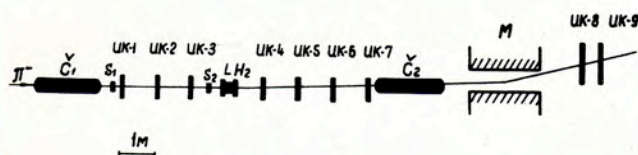


Рис.3. Схема эксперимента по измерению πp -рассеяния методикой бесфильмовых искровых камер на линии с БЭСМ-3М. Упругие события выделяются посредством измерения импульса рассеянной частицы с помощью ИК 4+9 и магнита М. Установка запускается антисовпадениями $(\check{C}_1 + S_1 + S_2) - \check{C}_2$. S_1 ; S_2 - сцинтилляционные счетчики, \check{C}_1 ; \check{C}_2 - газовые дифференциальные счетчики Черенкова для селекции пучковых пионов, имеющих угол относительно оси \check{C}_1 и \check{C}_2 меньше $1,5 \cdot 10^{-3}$ рад и $3 \cdot 10^{-3}$ рад, соответственно.

В 1967 году начаты исследования упругого π^-p -рассеяния на малые углы с использованием новой методики бесфильмовых искровых камер на линии с БЭСМ-3М. На рис.3 приведена схема этого эксперимента. Запуск

бесфильмовых искровых камер осуществляется мониторинговой системой, состоящей из газовых дифференциальных черенковских и сцинтилляционных счетчиков. Это позволяет в 5 раз ускорить набор экспериментального материала по сравнению с его набором обычным методом детектирования только искровыми камерами. С этой установкой была успешно проведена экспозиция при импульсе π^- -мезонов 4,6 Гэв/с. Полученный экспериментальный материал анализируется.

2. pp - и pd -рассеяние на малые углы. В лаборатории завершено создание новой установки для исследования на внутреннем пучке 70-Гэв-ного протонного ускорителя ИФВЭ упругого pp - и pd -рассеяния на малые углы. Эта установка состоит из полупроводникового спектрометра протонов отдачи на линии с БЭСМ-3М. На синхрофазотроне были проведены исследования с помощью этой установки. Полученные данные о pp - и pd -рассеянии на малые углы в интервале импульсов 2-5 Гэв/с в настоящее время обрабатываются.

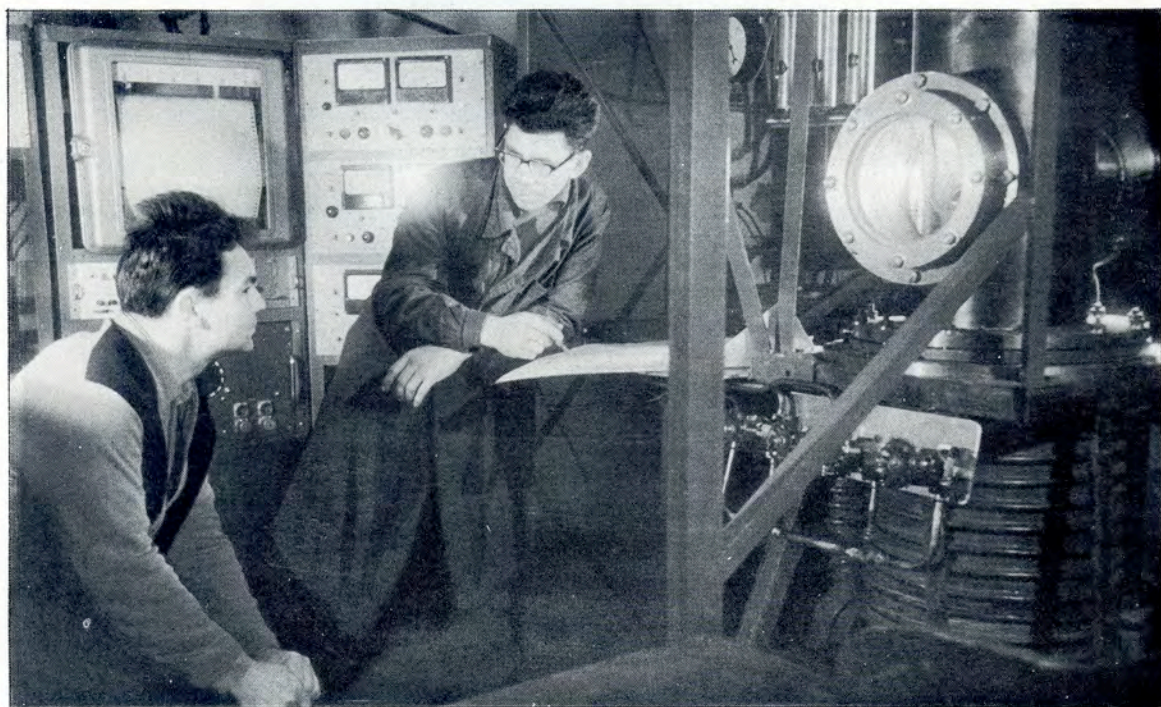
Исследования резонансов

Исследования по физике частиц-резонансов проводились с использованием как электронных устройств, так и пузырьковых камер - жидководородных, пропановой и ксеноновой.

3. Исследования лептонных распадов и векторных мезонов. Эксперименты, проводившиеся в 1967 году, позволили существенно увеличить число зарегистрированных событий с распадами векторных мезонов на e^+e^- -пары. В частности, получены новые данные о распадах $\phi^0 \rightarrow e^+e^-$, доказавшие существование этого типа распада и позволившие оценить его парциальную ширину (см. таблицу 1), если использовать гипотезу об $\omega^0\phi^0$ -смешивании в рамках $SU(3)$ -симметрии.

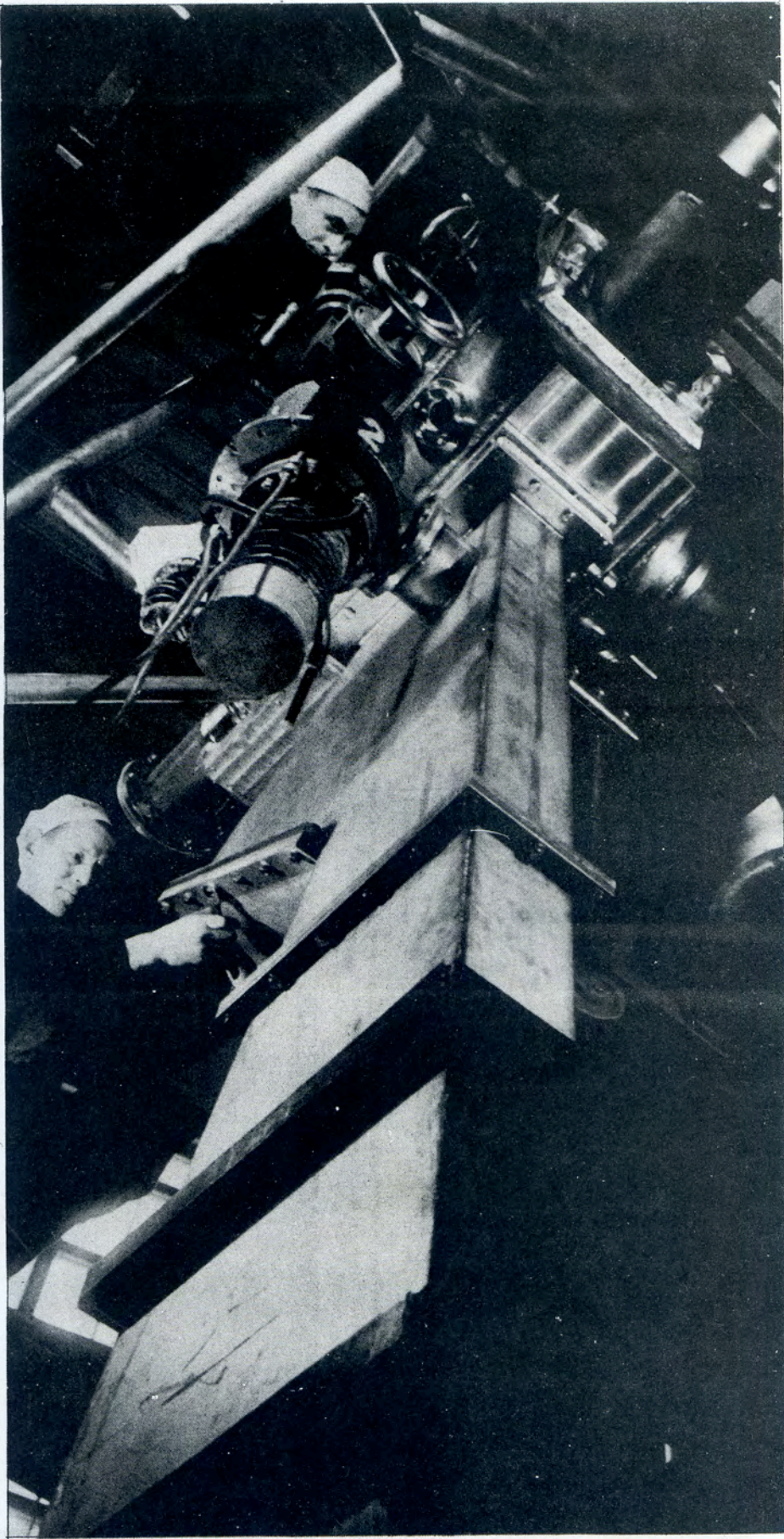
Таблица 1

$\frac{\Gamma_{\rho(e^+e^-)}}{\Gamma_{\rho}} 10^5$	$\frac{\Gamma_{\omega(e^+e^-)}}{\Gamma_{\omega}} 10^5$	$\frac{\Gamma_{\phi(e^+e^-)}}{\Gamma_{\phi}} 10^5$
$4,1 \pm 0,9$	$5,7 \pm 0,9$	130 ± 50



▲
Рис.4. В Лаборатории высоких энергий готовится эксперимент по изучению pp -взаимодействия в диапазоне энергий до 70 Гэв. Впервые в практике физического эксперимента взаимодействие частиц будет изучаться при помощи струи газообразного водорода, вводимой в камеру ускорителя. На снимке: отладка струйной мишени в криогенном отделе ЛВЭ. Научный сотрудник В.Никитин (слева) и аппаратчик А.Перов.

Рис. 5. Монтаж установки для исследования pp -рассеяния. ►



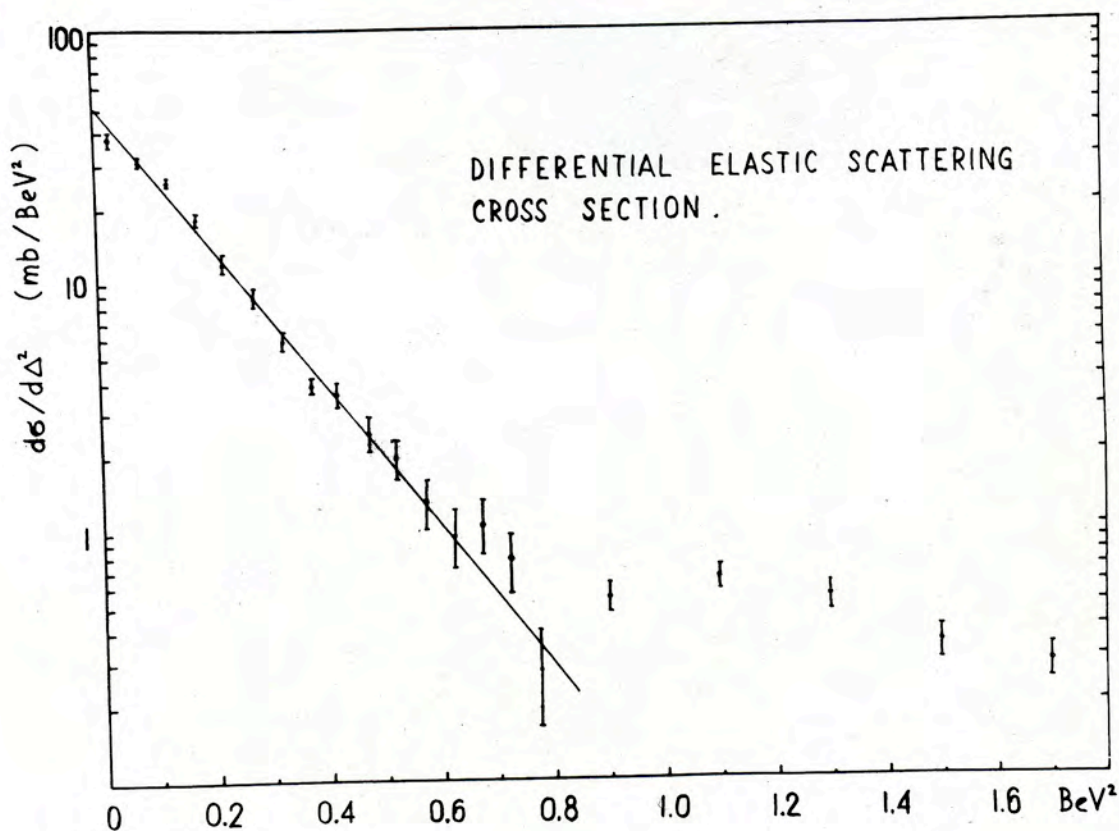


Рис.6. Зависимость дифференциального сечения упругого π^+p -взаимодействия от квадрата передаваемого 4-импульса.

Из приведенных данных следует, что величина константы перехода $\rho \rightarrow \gamma$, играющей важную роль в ряде проблем физики элементарных частиц, имеет значение

$$\frac{\gamma_\rho}{4\pi} = 0,65 \pm 0,14.$$

2. Генерация ρ^+ -мезона и Δ_{1230}^{++} -изобары в π^+p -взаимодействиях. Завершена обработка двухлучевых событий, полученных при облучении 40-сантиметровой жидководородной пузырьковой камеры в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,34 Гэв/с.

На рис.6 представлено распределение дифференциального сечения в зависимости от квадрата передаваемого 4-импульса для упругих π^+p -процессов. Сечение упругого взаимодействия равно $8,5 \pm 0,2$ мб, экспериментальные данные можно аппроксимировать экспонентой:

$$\frac{d\sigma}{dt} = C \exp(-At),$$

где

$$A = (6,5 \pm 0,2) \left(\frac{\Gamma_{ЭВ}}{c} \right)^{-2},$$

$$C = (53,2 \pm 2,1) \text{ мб}/(\Gamma_{ЭВ}/c)^2.$$

Сечение реакции $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^0 p$ оказалось равным $3,8 \pm 0,2$ мб. Сечения образования ρ^+ -мезона и изобары Δ_{1238}^{++} равны соответственно $(1,4 \pm 0,15)$ мб и $(0,3 \pm 0,04)$ мб.

Получено дифференциальное сечение рождения ρ^+ -мезона.

Были определены также элементы спиновой матрицы плотности ρ^+ - и Δ_{1238}^{++} -частиц. На рис. 7, 8 представлены их значения в зависимости от переданного 4-импульса.

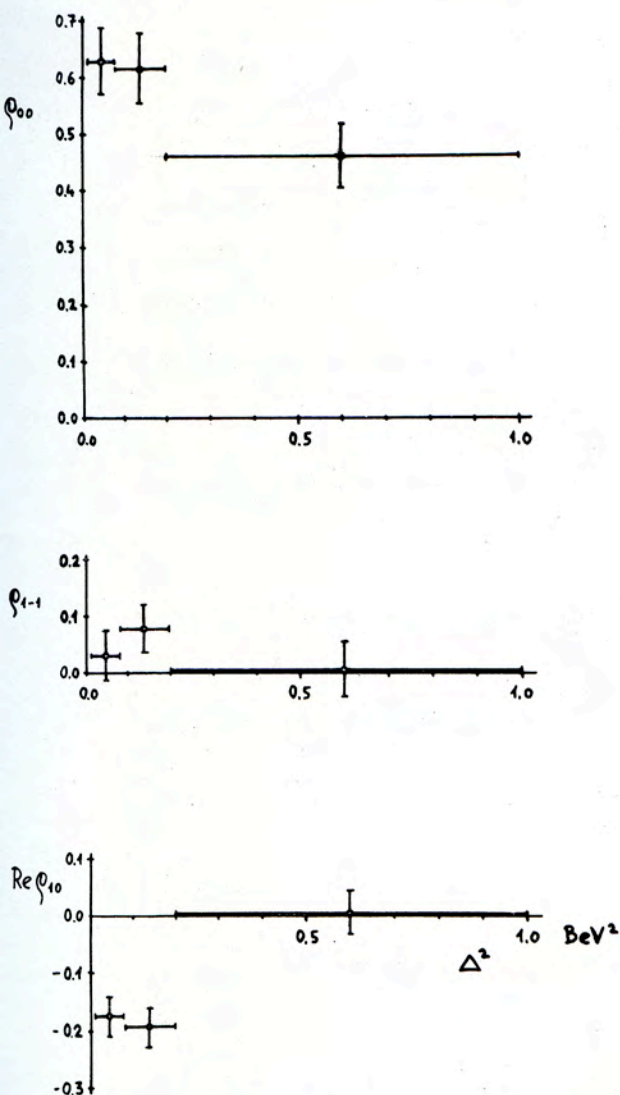


Рис. 7. Зависимость элементов спиновой матрицы плотности рождения ρ^+ -мезона от переданного 4-импульса для реакции $\pi^+ p \rightarrow \rho^+ p$.

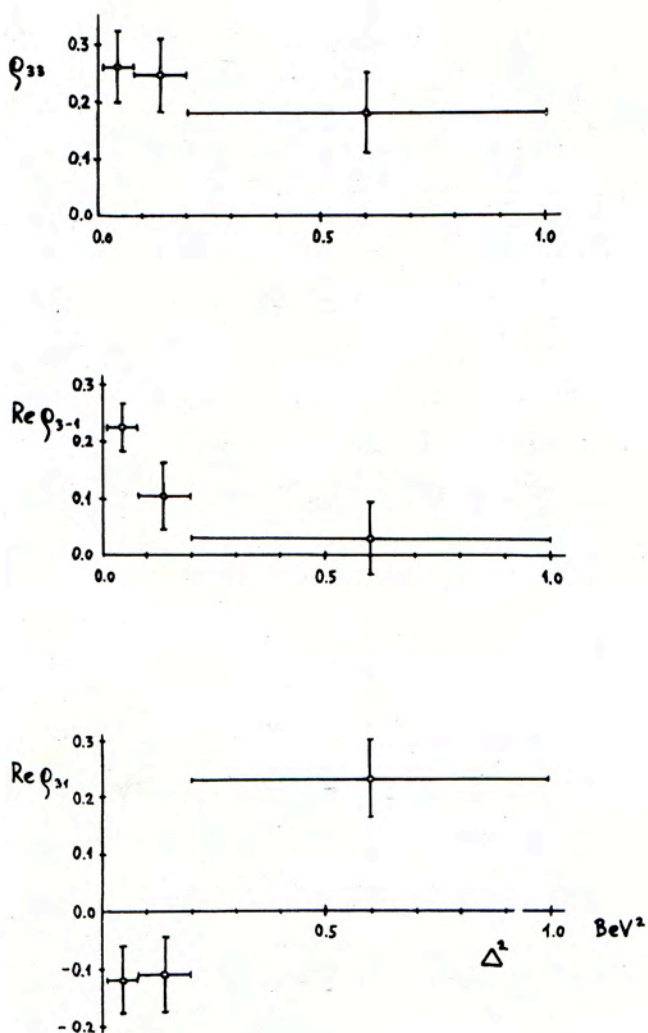


Рис. 8. Зависимость элементов спиновой матрицы плотности рождения N^{*++} от переданного 4-импульса для реакций $\pi^+ p \rightarrow N^{*++} \pi^0$.

3. Мезон-нуклонные состояния с изотопическим спином 5/2. Получены новые данные в экспериментах, где изучались мезон-нуклонные состояния с изотопическим спином 5/2 в pn -взаимодействиях. На материале 3500 пятилучевых звезд удалось выделить следующие каналы реакции:

$$pn \rightarrow pp \pi^+ 2 \pi^- \quad 424 \text{ события} \quad (1)$$

$$\rightarrow pp \pi^+ 2 \pi^- (m \pi^0) \quad 400 \text{ событий} \quad (2)$$

$$\rightarrow pn 2 \pi^+ 2 \pi^- (m \pi^0) \quad 725 \text{ событий} \quad (3)$$

$$\rightarrow nn 3 \pi^+ 2 \pi^- (m \pi^0) \quad 158 \text{ событий} \quad (4)$$

$$m = 0, 1, 2.$$

Предварительные результаты изучения реакции (3) представлены на рис.9,10,11. На рис.9 приведено импульсное распределение нейтронов, вызвавших реакцию (3). На рис.10 дано распределение эффективных масс $p \pi^+ \pi^+$ -комбинаций. Фоновая кривая рассчитана по статистической теории с учетом спектра нейтронов для реакции (3) с образованием и без образования π^0 -мезонов. Фоновая кривая не описывает экспериментального распределения. Другая кривая рассчитана с учетом образования изобары Δ_{1238} . Лучшее согласие достигается при предположении, что 62% событий идут с образованием этой изобары и 38% - без ее образования. Значение χ^2 для кривой, учитывающей эту смесь двух состояний, лежит внутри доверительного интервала 90%. На рис.11 дано распределение эффективных масс $p \pi^+$ из этой

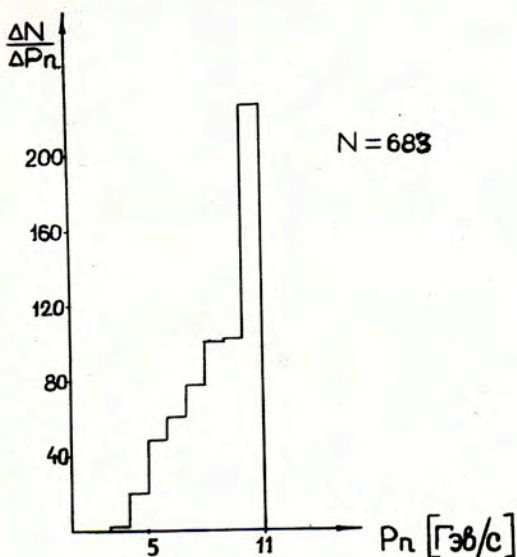


Рис.9. Импульсный спектр нейтронов, вызвавших реакцию $pn \rightarrow pp \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- (m \pi^0)$.

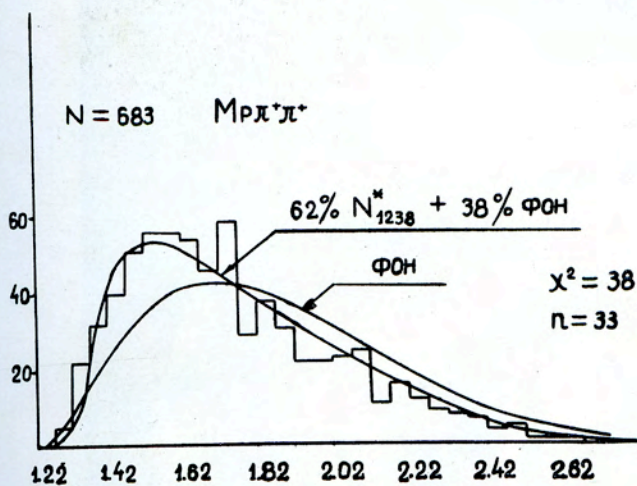


Рис.10. Распределение эффективных масс $(p\pi^+\pi^+)$ -комбинаций из реакции $pr \rightarrow pr\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-(\pi\pi^0)$.

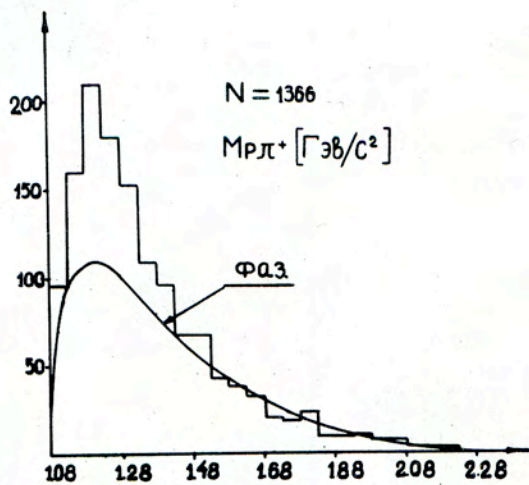
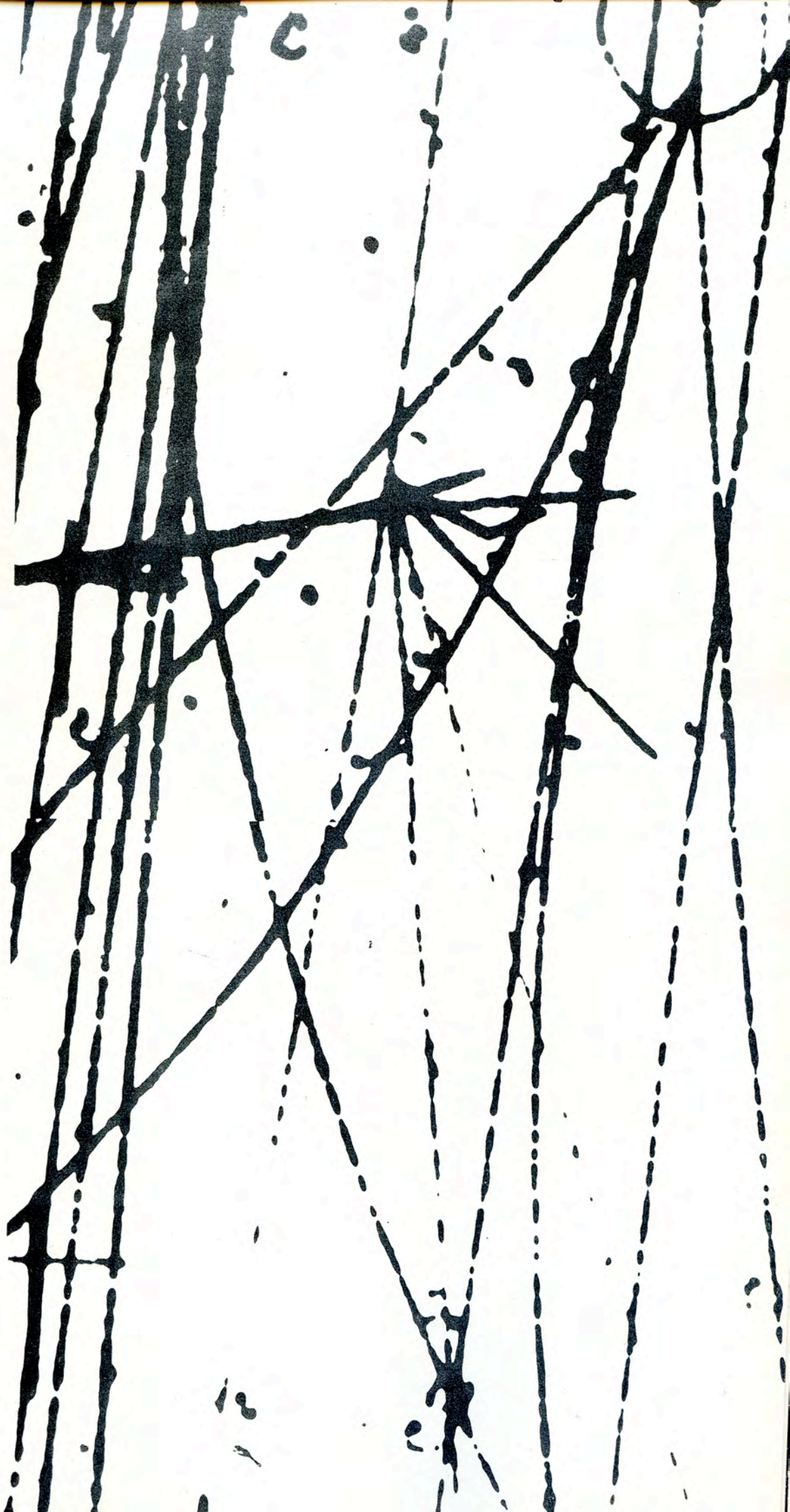


Рис.11. Распределение эффективных масс $(p\pi^+\pi^-)$ -комбинаций из реакции $pr \rightarrow pr\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-(\pi\pi^0)$.

же реакции. Как видно из этого рисунка, изобара Δ_{1238} действительно образуется в 60% случаев. Из этих данных следует, что если изобара с $T=5/2$ существует, то оцененная верхняя граница сечения ее образования составляет величину не более 80 мкб.



Лаборатория
высоких
энергий

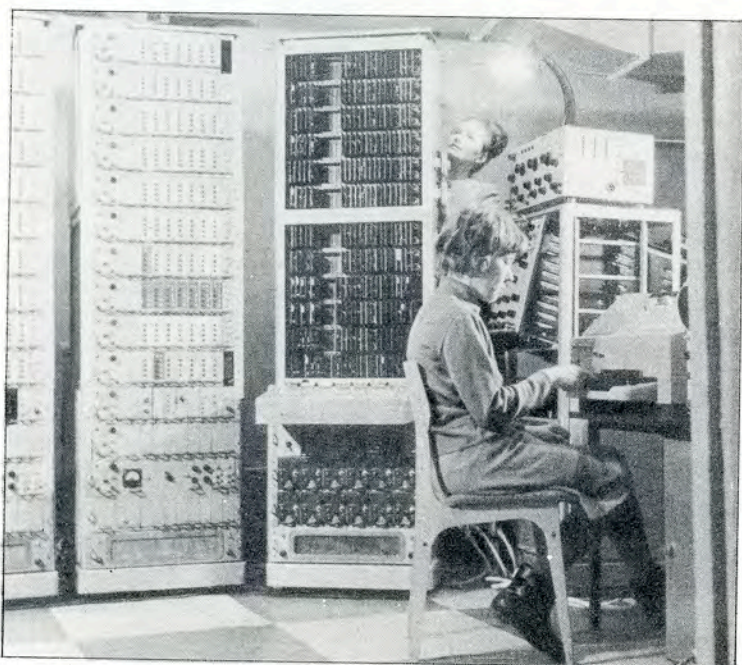
Искровые камеры и электроника

В 1967 году в лаборатории продолжалось развитие методики бесфильмовых искровых камер.

1. Разработан проект новой системы магнестрикционных искровых камер на линии с электронной вычислительной машиной. Эта система включает в себя унифицированные искровые камеры, регистрирующую электронную аппаратуру и электронную вычислительную машину типа БЭСМ-3 или БЭСМ-4. Искровые камеры - многотрековые. Планируется изготовление большой партии искровых камер (около 150 штук) для нескольких экспериментов. Электронная аппаратура построена на основе широкого применения интегральных микромодульных схем. Первый образец установки предполагается использовать для проведения K^0 -мезонного эксперимента в ИФВЭ.
2. Создана новая экспериментальная установка с искровыми камерами с ферритовым съемом информации, работающая на линии с электронной вычислительной машиной БЭСМ-3М. Установка подготовлена к проведению тестового эксперимента на синхрофазотроне.

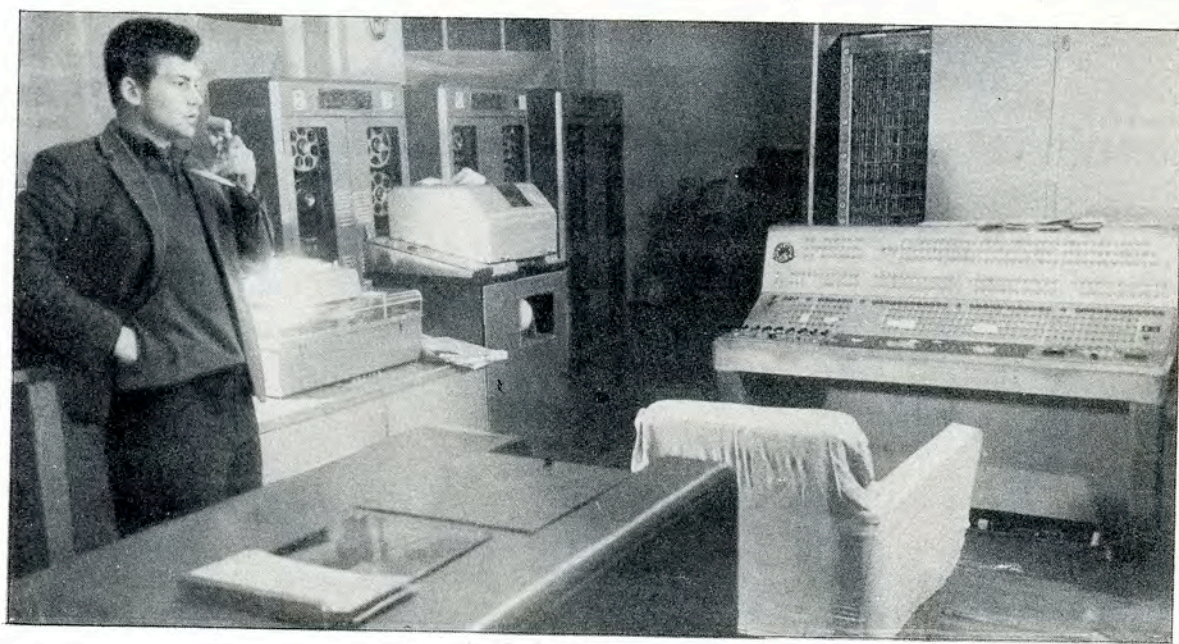
3. Создан измерительный центр лаборатории, в котором сосредоточена следующая электронная аппаратура:

- а) система регистрации координат для магнитоотриксционных искровых камер;
- б) системы приема координат с ферритовых искровых камер;
- в) два 10 - канальных пересчетных устройства, работающих на линии с ЭВМ;
- г) телетайп;



▲
Рис.73. Измерительный центр ЛВЭ. У пульта электронной вычислительной машины - инженер Г.М.Сузова.

Рис.74. В зале БЭСМ-3М измерительного центра ЛВЭ во время проведения эксперимента с бесфильмовыми искровыми камерами. На снимке - младший научный сотрудник И.М.Ситник.



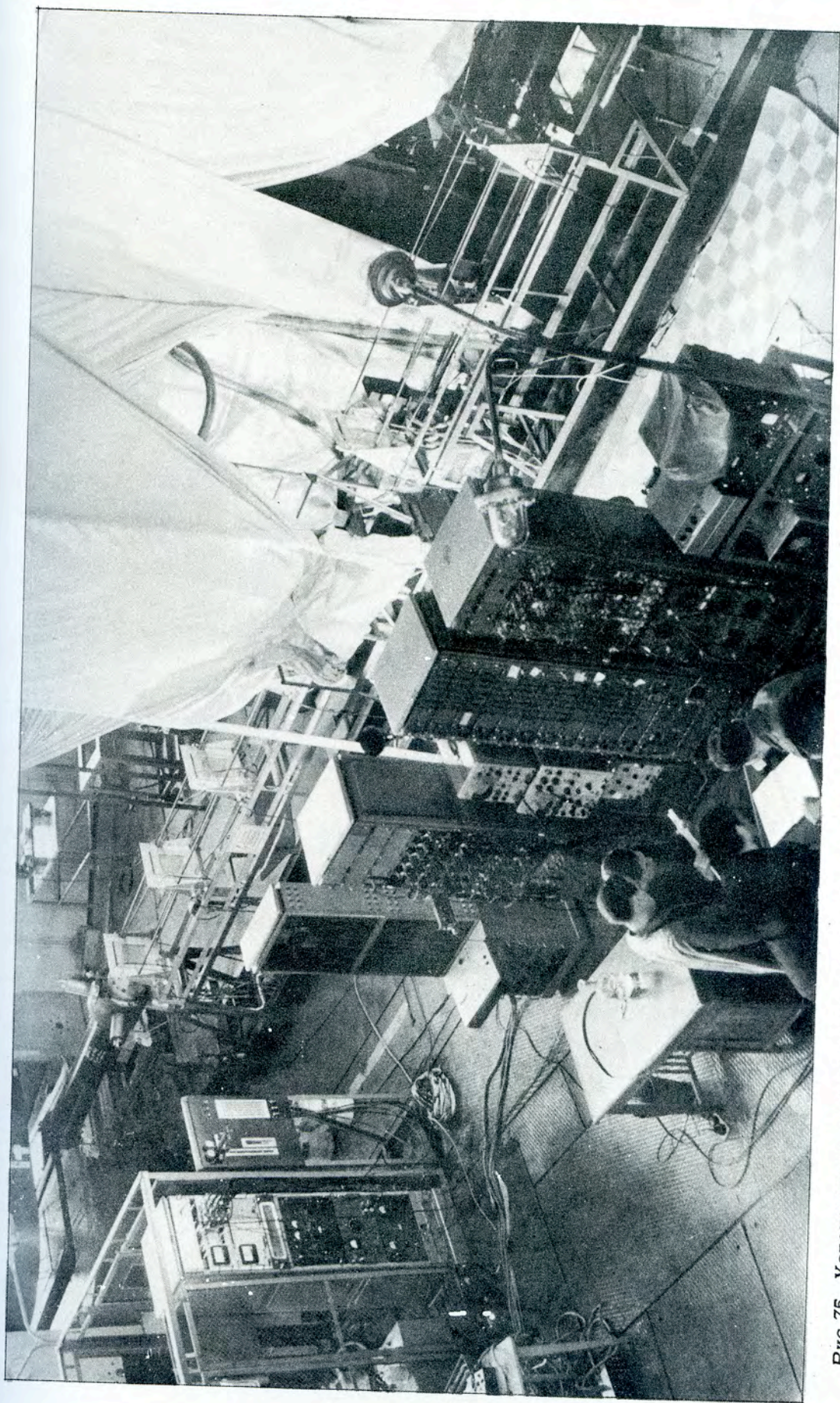


Рис. 75. Установка из магнетострикционных искровых камер, работающая на линии с БЭСМ-3М, используется в экспериментах по изучению π -р - рассеяния на малые углы.

- д) последовательная линия связи экспериментальной аппаратуры с электронной вычислительной машиной БЭСМ-3М;
 - е) параллельная линия связи с БЭСМ-3М;
 - ж) коммутатор, обеспечивающий работу на линии с ЭВМ нескольких экспериментальных установок;
 - з) блоки питания фотоумножителей, используемых в экспериментах.
4. Система блоков быстрой электроники на 100 Мгц разработана и передана на изготовление в Центральные экспериментальные мастерские. Система предназначена для использования в экспериментах со сцинтилляционными и черенковскими счетчиками.
5. Бесфильмовая искровая камера, работающая в магнитном поле до 15 кгаусс, разработана и испытана в пучке π^- -мезонов синхрофазотрона. Исследования в этом направлении продолжаются.

Большие пузырьковые камеры

В соответствии с договором о сотрудничестве Объединенного института с ИФВЭ продолжались работы по подготовке экспериментов на больших пузырьковых камерах ЛВЭ в пучках ускорителя на 70 Гэв. Выполнены следующие наиболее важные работы:

1. Двухметровая пропановая камера. На фотографиях, полученных при облучении камеры в пучке π^- -мезонов, отобрано несколько сотен со-

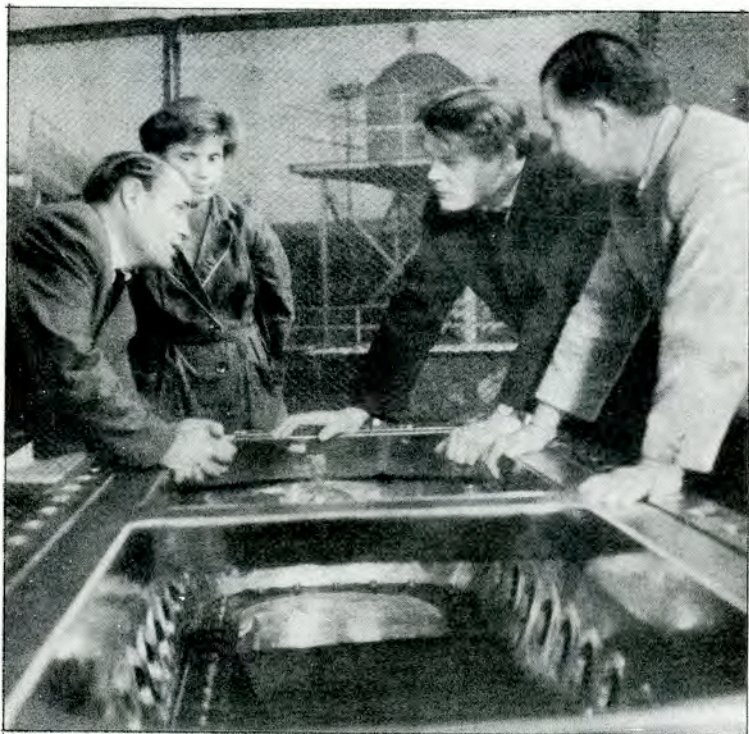


Рис.76. Подготовка 2-метровой пропановой камеры к экспериментам в ИФВЭ. На снимке: начальник отдела Н.М.Вирясов, ст.техник Г.В.Покидова, руководитель группы М.П.Баладин, начальник отдела М.И.Соловьев обсуждают проблему улучшения эксплуатационных характеристик камеры.

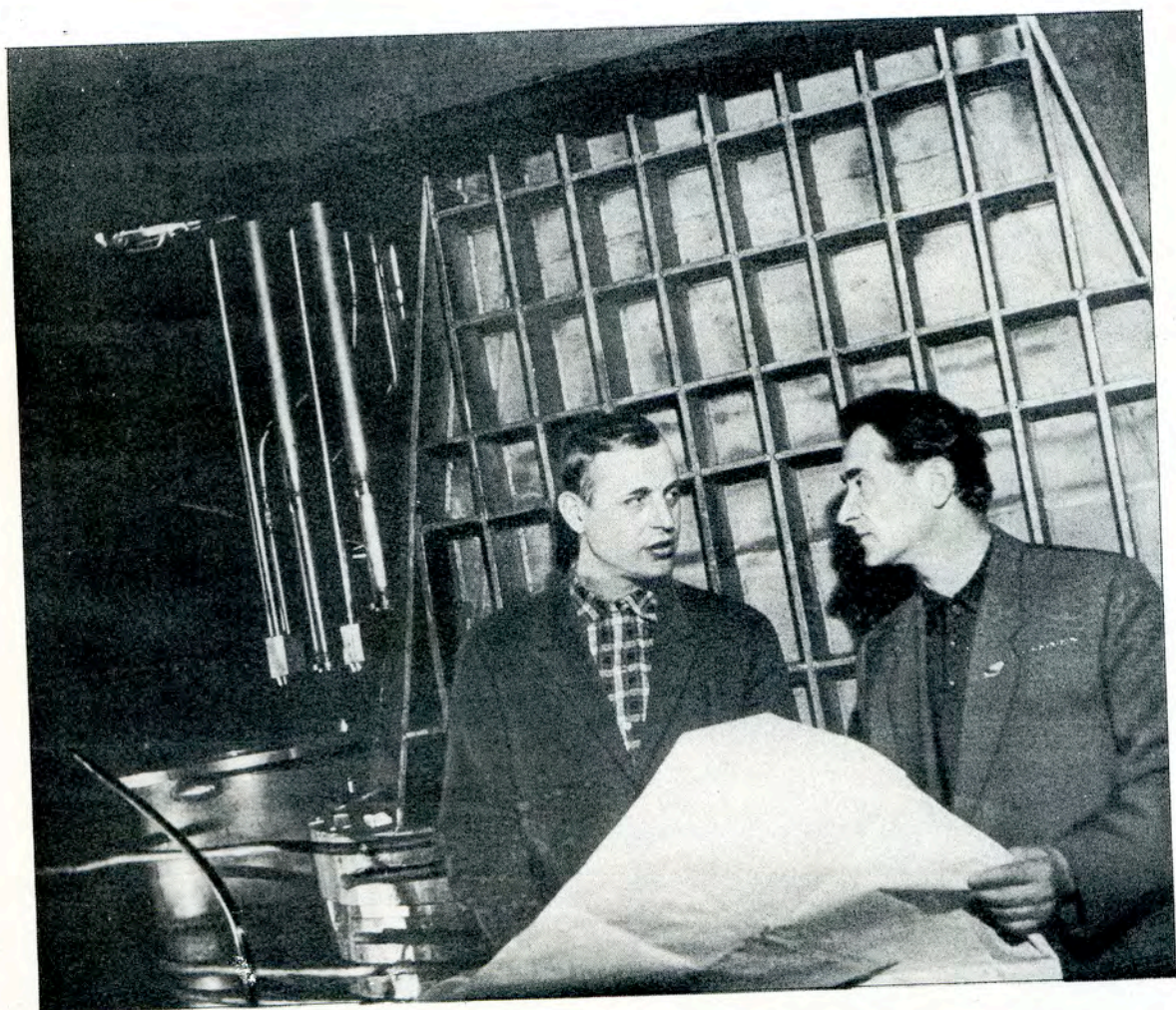


Рис.77. Для экспериментов на ускорителе ИФВЭ создается 2-метровая жидководородная камера. На снимке: инженер-технолог А.И.Староверов и руководитель группы В.А.Русаков обсуждают рабочие чертежи камеры.

бытий с V^0 - частицами и γ - квантами для отработки программ на ЭВМ. Разработан проект эксперимента и размещения камеры в Институте физики высоких энергий. Начаты работы по модернизации ряда узлов двухметровой пропановой камеры: системы расширения, оптической системы камеры для пленки размером 50 мм и др.

2. Двухметровая жидководородная пузырьковая камера. Завершена доработка "теплой" части и значительно переработана "холодная" часть механизма расширения. Изготовлены чертежи и опытный образец нового пневмоклапана, проведены его испытания. Разработана и изготовлена значительная часть электронных систем управления и индикации режима работы камеры. Испытаны на вакуум корпус камеры, вакуумный кожух и башня теплообменников. Выданы все необходимые данные для разработки проектного задания и начала строительства павильона в ИФВЭ.

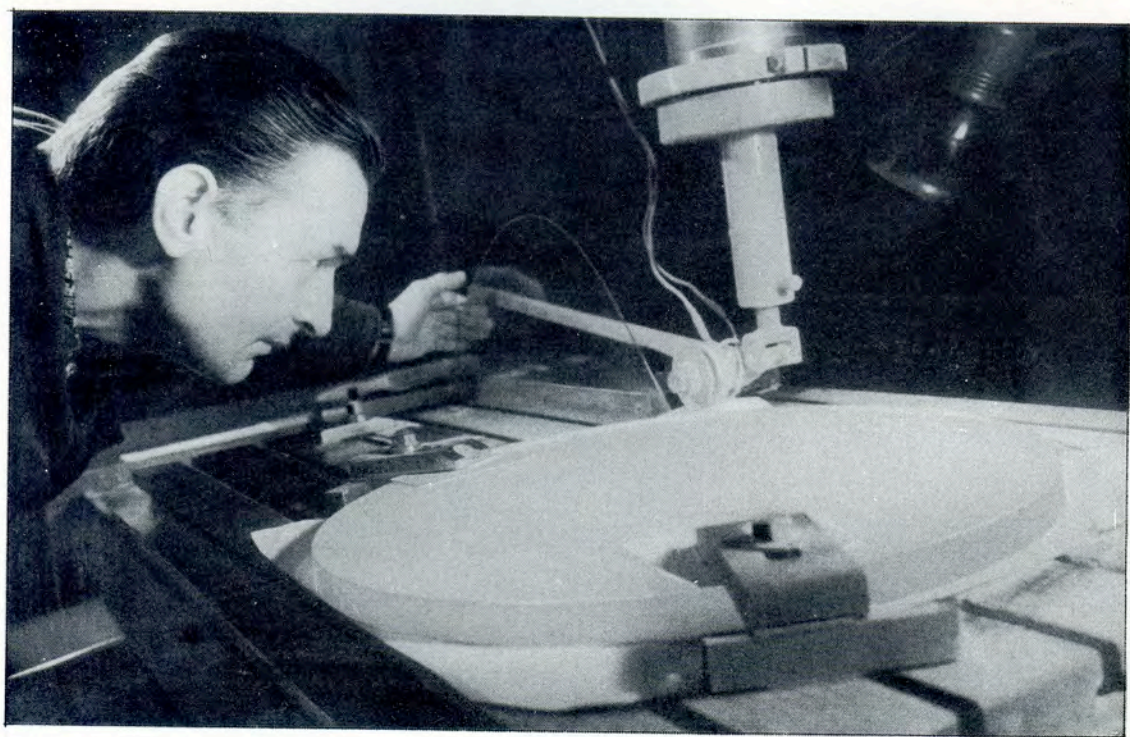


Рис.78. Изготовление раstra для 2-метровой жидководородной камеры.

Работы по синхрофазотрону

1. Основные показатели работы синхрофазотрона.

Показатели	Часы	%
Запланированное время работы	4674	100
В том числе:		
1. Время работы на экспериментальные исследования по физике	3280	70,2
2. Время работы по усовершенствованию ускорителя	780	16,9
3. Затрата времени на подготовку к работе физической аппаратуры и на технологическую подготовку ускорителя	253	5,4
4. Эксплуатационные простои	361	7,7
Средняя интенсивность $4,5 \cdot 10^{10}$ прот/имп (максимальная - $1,1 \cdot 10^{11}$).		

В пучках вторичных частиц от синхрофазотрона были проведены экспозиции следующих пузырьковых камер:

а) на метровой жидководородной камере в пучке π^- -мезонов с импульсом 5 Гэв/с получено более 95 тысяч фотографий;

б) на 55-сантиметровой ксеноновой камере в процессе наладки сепарированного пучка K^+ -мезонов с импульсом 0,6 Гэв/с сделано около 150 тысяч фотографий;

в) на 2-метровой пропановой камере в пучке π^- -мезонов с импульсом 2,76 Гэв/с получено более 20 тысяч фотографий;

г) на метровой пропановой камере в пучке π^- -мезонов с импульсом 5 Гэв/с получено 63 тыс. фотографий.

Каналы пучков частиц

За 1967 год смонтированы и сданы в эксплуатацию два новых π^- -мезонных канала:

1. Канал на 2-7 Гэв/с:

Длина	-	45 м
Интервал импульсов	-	$\pm 1\%$
Входная апертура	-	$3 \cdot 10^{-4}$ стерад
Расходимость	-	$1,5 \cdot 10^{-3}$ стерад
Интенсивность ($\rho c = 4,75$ Гэв)	-	$1,5 \cdot 10^4$ на 10^{11} протонов, сбрасываемых на мишень
Размеры пучка в месте установки водородной мишени	-	40×40 мм ²

2. Канал на 5 Гэв/с:

Длина	-	50 м
Интервал импульсов	-	$\pm 1\%$
Расходимость	-	10^{-2} стерад
Размеры пучка в месте установки водородной мишени	-	70×70 мм ²
Интенсивность ($\rho c = 4,5$ Гэв)	-	$3 \cdot 10^4$ на 10^{11} протонов, сбрасываемых на мишень.

3. Для проведения работ по повышению эффективности электростатических сепараторов разработан, смонтирован и находится в стадии наладки каскадный генератор на ± 400 кв постоянного тока. Разработана документация на изготовление электростатического сепаратора

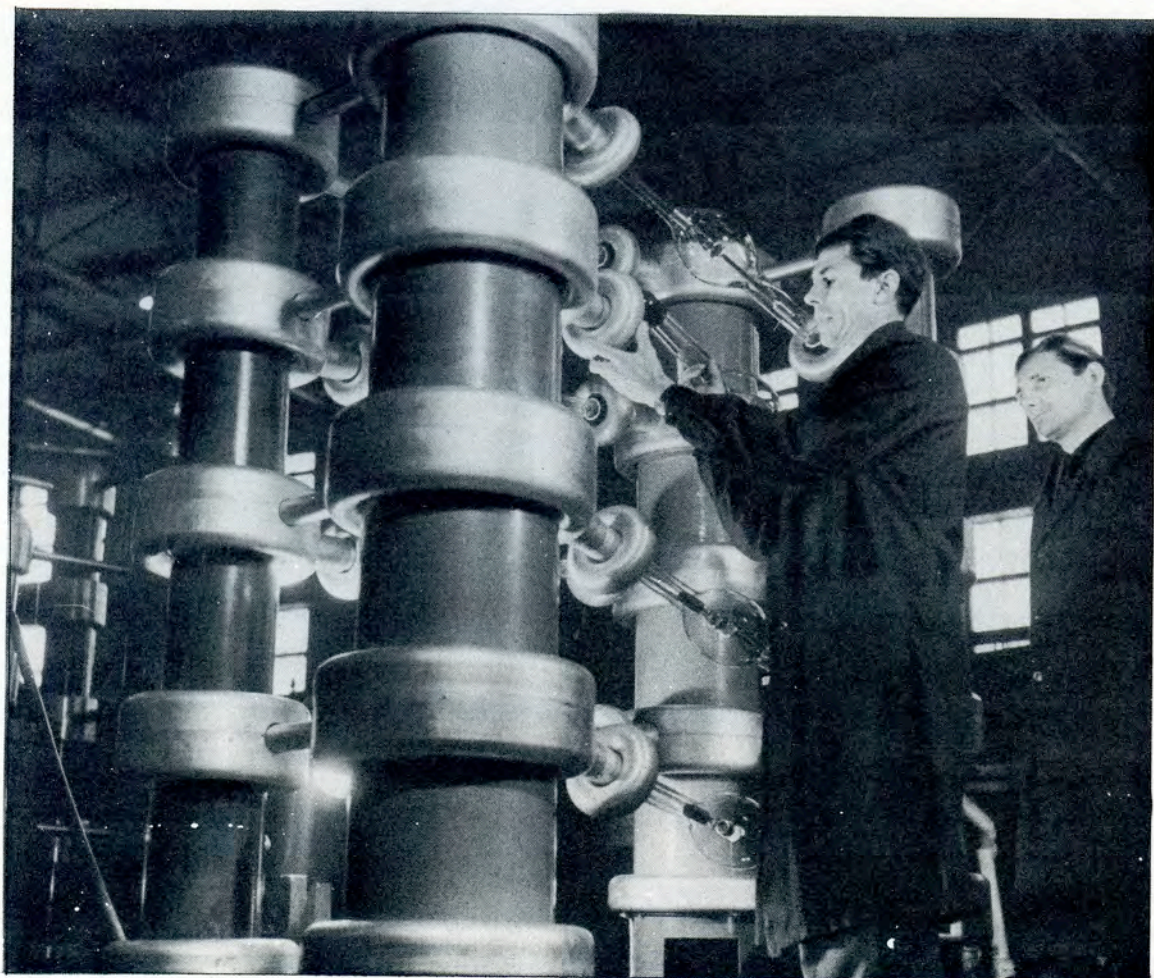


Рис.79. Каскадный генератор на ± 400 кв постоянного тока, разработанный и созданный в Лаборатории высоких энергий.

на 800 кв и на высоковольтные вводы напряжения в вакуумную камеру сепаратора на 400 кв постоянного тока.

4. Система формирования мощных импульсов тока (установка ИК-1-2) на токи в сотни килоампер введена в эксплуатацию. С помощью этой системы проведены испытания образцов катушек, изготовленных в ЧССР и предназначенных для получения импульсных магнитных полей с напряженностью до 200 кгс.

Создан проект и выполнен макет соленоида другого типа (большой объем магнитного поля) с необходимой системой питания. Испытания этого образца, проведенные при напряженности поля 130 кгс, дали положительные результаты.

5. Система дозировки пучка π -мезонов при работе метровой жидководородной камеры введена в эксплуатацию. Это позволило в процессе экспозиции поддерживать нужное число частиц с точностью не хуже 10%.

6. Разработан проект и выполнена действующая модель электростатического генератора с дисковым ротором на напряжение до 300 кВ, при этом точность поддержания напряжения (до 150 кВ) составляет $5 \cdot 10^{-3}$.

Усовершенствование синхрофазотрона

1. Продолжались исследования и разработки, связанные с проектированием и изготовлением нового инжектора — линейного ускорителя на 20 МэВ. Завершено изготовление резонатора линейного ускорителя, изготовлено и испытано более 60% дрейфовых трубок, изготовлена и испытана система охлаждения и стабилизации температуры резонатора линейного ускорителя. Закончены теоретические исследования по выбору оптимального варианта системы ввода пучка из линейного ускорителя в камеру синхрофазотрона. Сконструирован отклоняющий магнит.
2. В 1967 году успешно осуществлен быстрый вывод пучка протонов (10 ГэВ) из синхрофазотрона (рис.80,81). Эффективность вывода составила 50%. Начата разработка системы медленного вывода пучка протонов из ускорителя.

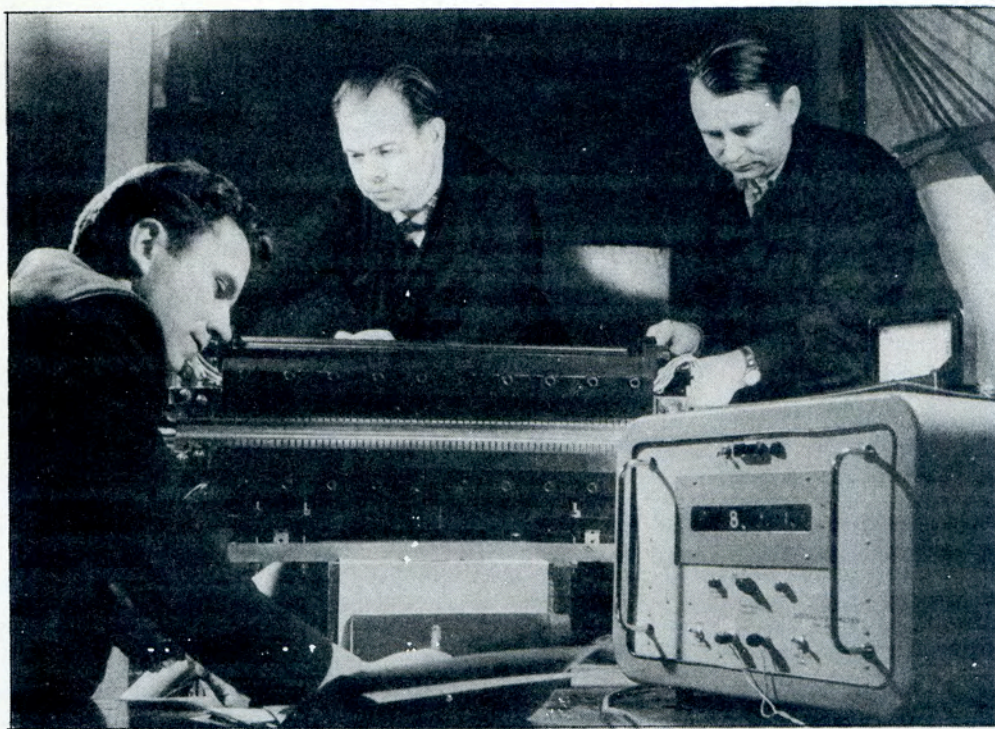


Рис.80. Импульсный выводной магнит с полем до 10 кгаусс для быстрого вывода протонного пучка. На снимке: руководитель группы И.Б.Иссинский, механик М.Д.Ершов и ст. техник Ю.Ф.Кусатин снимают характеристики магнита.

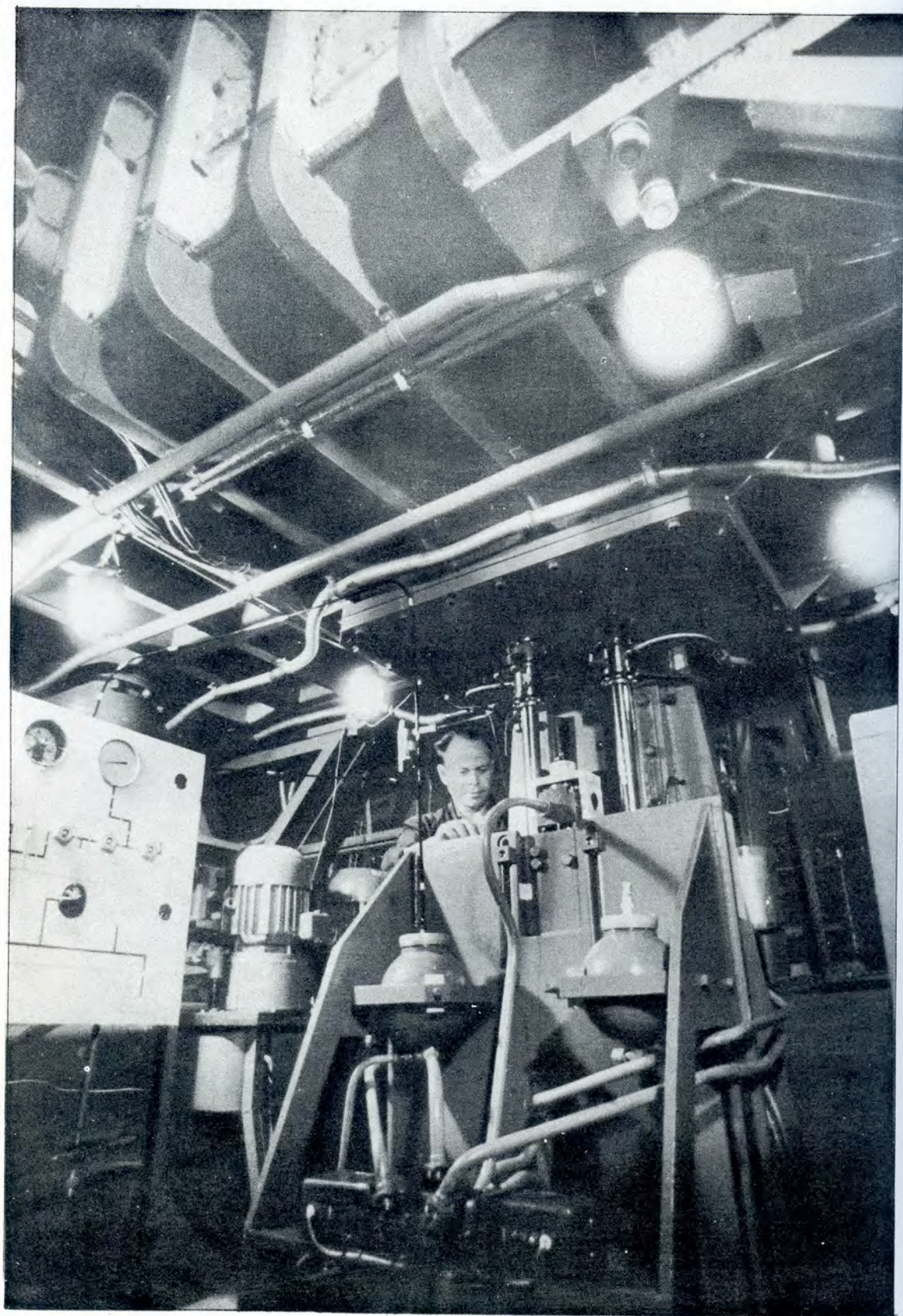


Рис.81. Гидромеханизм, с помощью которого выводной магнит поднимается в рабочее положение внутри вакуумной камеры ускорителя.

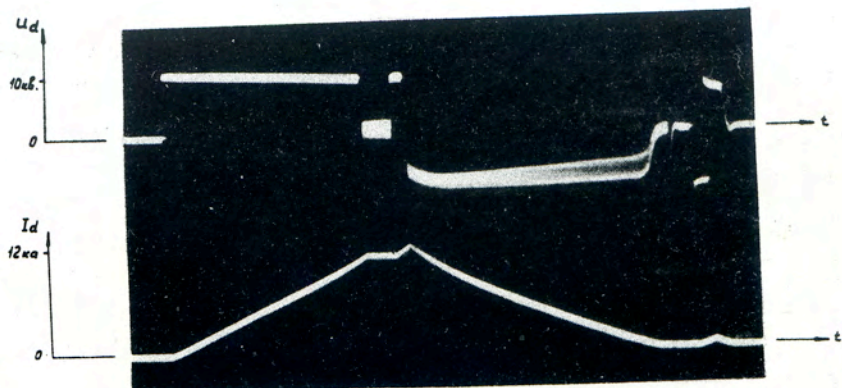


Рис.82. Осциллограммы выпрямленного напряжения и тока преобразователя системы питания при работе в режиме "стула" с площадкой тока на уровне 11,5 ка.

Существенным методическим новшеством, осуществленным на синхрофазотроне, явилось введение в эксплуатацию режима "стула в кривой главного тока" (рис.82). Такой режим работы ускорителя является особенно эффективным при работе физической аппаратуры на линии с электронно-вычислительной машиной.