

С 346.5г

Б-649

Бирюлев В.К. и
Др.



Б1-1-6434.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б1-1-6434

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1972

Лаборатория высоких энергий ОИЯИ (Дубна)

Институт физики высоких энергий (Серпухов)

Центральный институт физических исследований (Будапешт)

51-1-6434

В.К.Бирулев, А.С.Вовенко, Д.Вестергомби, Б.Н.Гуськов,
И.А.Голутвин, Н.Н.Говорун, Т.С.Григалашвили, И.М.Иванченко,
Д.Киш, И.Кох, В.Г. Кривохижин, В.В.Кухтин, М.Ф.Лихачев,
А.Л.Любимов, А.А.Митин, Э.Надь, И.А.Савин, Ю.И.Саломатин,
Л.В.Сильвестров, В.Е.Симонов, Д.А.Смолин, Г.Г.Тахтамышев,
П.Т.Тодоров, Ф.Телбис, Н.Г.Фадеев.

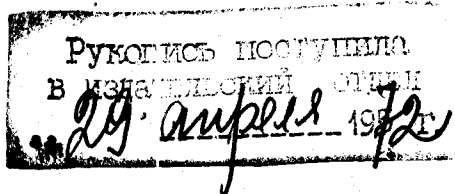
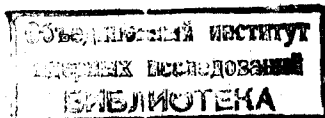
ПРОВЕРКА ТЕОРИЙ СИЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПРИ ВЫСОКИХ
ЭНЕРГИЯХ В ОПЫТАХ С УЧАСТИЕМ НЕЙТРАЛЬНЫХ К-МЕЗОНОВ

(продолжение экспериментов в ИФВЭ)

Депонированное сообщение ОИЯИ

№ _____

г.Дубна, 1972 г.



с. ф. 3341

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
I. Введение	0
II. Возможные эксперименты с участием K^0 -мезонов по проверке теорий сильных взаимодействий (текст сообщения на теоретическом семинаре)	00
III. Физическая программа на 1971 г.	II
III.1.Регенерация на водороде	II
III.2.Регенерация на ядрах	I7
IV.Совершенствование установки	22
У. Приложения:	
№ 1. Совершенствование системы приема,наполнения и контроля данных в экспериментах по регенерации $K^0 - \bar{K}^0$ при высоких энергиях	35
№ 2. О проверке теоремы Померанчука в опытах по регенерации $K^0 - \bar{K}^0$ на ядрах на ускорителе в Серпухове (текст доклада на теоретическом семинаре)	56
№ 3. Оценка точности измерения направления движения, массы и импульса $K^0 - \bar{K}^0$ мезонов	7I

№ 4. Система стабилизации чувствительности детектора Электронов и система контроля Экспериментальной аппаратуры с использованием ЭВМ типа ТРА

I. В В Е Д Е Н И Е

В течение 1968-1970 годов в ЛВЭ создавалась и настраивалась в ИФВЭ установка [1] для "Исследования асимптотического поведения амплитуд $K^0 N$ и $\bar{K}^0 N$ - рассеяния и оценки электромагнитного формфактора K -частиц в опытах по регенерации с K_L^0 - мезонами высоких энергий" [2].

Результаты проделанной работы представлены в докладах на Киевскую и Дубненскую международные конференции по физике высоких энергий и аппаратуре.

Предварительные результаты по регенерации $K_L^0 - K_S^0$ на водороде, вызвавшие большой интерес, показали, что с помощью данной установки можно провести ряд экспериментов по проверке современных представлений теорий сильных взаимодействий (дисперсионных соотношений, теории комплексных угловых моментов, теоремы Померанчука).

Ниже даётся краткая характеристика экспериментального метода, установки и физической программы, а также программа измерений на 1971 год. Приводится также оценка ресурсов, необходимых для выполнения последней программы.

Предлагаемая программа является продолжением и развитием экспериментов, предложенных в работе [2]. Она была изложена на первом заседании Объединенного теоретического семинара по проблемам физики высоких энергий 2 ноября 1970 г. Это заседание было посвящено выяснению теоретических предсказаний о поведении модуля и фазы амплитуды регенерации в зависимости от энергии.

Текст сообщения на семинаре мы приводим здесь.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

А.С.Вовенко, Б.Н.Гуськов, Т.С.Григалашвили, Л.Киш,
В.Г.Кривохижин, В.В.Кухтин, А.Л.Любимов, М.Ф.Лихачев,
А.А.Митин, И.А.Савин, Л.В.Сильвестров, Г.Г.Тахтамышев,
П.Т.Тодоров, Н.Г.Фадеев

ВОЗМОЖНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ С УЧАСТИЕМ K^0 -МЕЗОНОВ
ПО ПРОВЕРКЕ ТЕОРИЙ СИЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

г.Дубна, 1970 г.

В Институте физики высоких энергий в настоящее время работает наша установка /1/, позволяющая получать подробную информацию о распадах нейтральных K-мезонов высоких энергий на две заряженные частицы и изучать свойства сильных и слабых взаимодействий K-мезонов, а также в электромагнитную регенерацию.

Ниже даётся краткое описание установки и её характеристик, а также обсуждаются возможные эксперименты под углом зрения проверки теорий сильных взаимодействий.

I. Экспериментальный метод.

Частью нашей экспериментальной программы является изучение поведения амплитуд рассеяния вперед K^0 и \bar{K}^0 - мезонов на нуклонах и ядрах в зависимости от энергии путем исследования регенерации короткоживущих K_S^0 - мезонов долгоживущими K_L^0 мезонами /2/.

В зависимости от вида взаимодействия падающей волны с веществом - регенератором различаются и наблюдаются на опыте одновременно в основном три вида регенерации /3/ :

- 1) трансмиссионная или когерентная ,
- 2) упругая или дифракционная ,
- 3) неупругая .

Каждый из этих процессов характеризуется определенным распределением угла вылета (Θ) K_S^0 по отношению к направлению падающего K_L^0 и их интенсивностью.

Направление когерентно регенерированных K_S^0 практически совпадает с направлением падающих K_L^0 ($\Theta_{\max} \sim 10^{-7}$ рад), а интенсивность $I_S(p)$ - определяется комплексным коэффициентом регенерации $\beta(p)$, который может быть выражен в виде произведения трех членов: числа атомов в единице объема N , разности амплитуд упругого рассеяния вперед K^0 и \bar{K}^0 на данном ядре $2f_{21}^0(p) \equiv f^0(p) - \bar{f}^0(p)$ и фактора, связанного с длиной регенератора и импульсом K^0 -мезонов (см. (1)+(5)^x). Как видно из выражений (2)+(4), фаза коэффициента регенерации $\varphi_p(p)$ состоит из суммы двух членов, первый из которых есть фаза разности амплитуд упругого рассеяния, а второй - может быть полностью вычислен.

Угловое распределение дифракционно регенерированных K_S^0 $\frac{dN_S}{d\Omega}(\Theta)$ имеет такой же вид, как угловое распределение упругого рассеяния на ядре и для малых углов Θ хорошо аппроксимируется кривой Гаусса (6), (7).

Отношение интенсивности когерентных K_S^0 к интенсивности дифракционных K_S^0 под углом $\Theta = 0$ показывает, что $I_S(p) \gg \frac{dN_S}{d\Omega}(0)$ (см. (8)). Вслед под малыми углами от неупругой регенерации, как показывает теория /3/ и эксперимент /4/, пренебрежимо мал.

Таким образом, представляя интенсивность K_S^0 в функции Θ или удобнее в функции Θ^2 и ограничиваясь областью малых

x) Формулы - в конце текста (рис. I).

углов, определяемой в основном разрешающей способностью аппаратуры, мы имеем метод выделения когерентно регенерированных K_S^0 , а следовательно и метод измерения $|p(\rho)|$ и $|f_2(\rho)|$. Фон от дифракционной регенерации вычитается путем экстраполяции из области больших θ , где вклад когерентной регенерации близок к нулю.

Измерять интенсивность регенерированных K_S^0 можно, регистрируя их распады на $\pi^+\pi^-$ - пары. Мы имеем возможность определять не только интенсивность регенерированных K_S^0 , т.е. модуль коэффициента регенерации, но и его фазу по интерференции между K_S^0 и K_L^0 , распадающихся на $\pi^+\pi^-$ - пары.

Действительно, как хорошо теперь известно, распределение интенсивности $\pi^+\pi^-$ пар $\frac{d^2N_{+-}}{dp dt}$ в функции расстояния (времени) t от регенератора, помещенного в пучок первоначально чистых K_L^0 , имеет вид (9), где все величины (форма спектра $S(p)$, эффективность установки $E(p, t)$, нормировочный множитель Λ , ширины распадов Γ_S, Γ_L , разность масс K_L^0 и $K_S^0 - \delta$, модуль и фаза CP - нарушающей амплитуды в распадах $K_L^0 - |\eta_{+-}|, \varphi_{\eta_{+-}}$, кроме $|p(\rho)|$ и $\varphi_p(\rho)$, могут быть определены независимо или известны с хорошей точностью.

Имея экспериментальное распределение $(\frac{d^2N_{+-}}{dp dt}) \exp$ и фитируя его функцией типа (9), мы получим $|p(\rho)|$ и $\varphi_p(\rho)$ одновременно.

Итак, поместив в пучок K_L^0 регенератор и наблюдая за ним число распадов K_L^0 и K_S^0 на $\pi^+\pi^-$ - пары в узком угловом интервале вокруг направления движения K_L^0 в функции

расстояния от регенератора, мы сможем определить модуль и фазу коэффициента регенерации, т.е. действительную и мнимую части разности амплитуд рассеяния на угол ноль K^0 и \bar{K}^0 мезонов на данном ядре. Это позволяет сравнивать результаты экспериментов с предсказаниями теории комплексных моментов, дисперсионных соотношений и т.д. и, в частности, проверить выполняется ли теорема Померанчука.

Экспериментальная установка

Установка, работающая на линии с ЭИМ БЭСИ-3М, представляет из себя магнитный спектрометр с магнитоотрижционными искровыми камерами и счётчиками, осуществляющими их запуск (см. рис. 2). Интересующие нас распады K^0 -мезонов происходят в области между анти-счётчиком, помещенным вплотную к мишени -регенератору, и первой искровой камерой.

Информация о зарегистрированных событиях записывается на магнитные ленты.

Впоследствии на ЭИМ типа СДС 1604А, БЭСИ-6 или ТСЛ информация записанная на магнитные ленты, декодируется, осуществляется поиск ^{ТРЕКОВ} распадающих частиц, восстанавливаются направления их движения до и после магнита, вычисляются их импульсы, восстанавливаются точка распада, направление движения и импульс K^0 -мезона, а также инвариантная масса системы в предположении, что обе распадающие частицы есть π -мезоны.

Кроме интересующей нас $\pi^+\pi^-$ моды распада, установка

также регистрирует распады K_{e3}^0 , $K_{\mu 3}^0$, $K_{\pi 3}^0$, которые могут быть использованы для самостоятельных задач, а также играют роль внутренних мониторов при нормировке результатов измерений в различных условиях.

Установка была настроена и испытана в реальных условиях с жидководородной мишенью в качестве регенератора. Суммарные характеристики пучка и установки, полученные в этих испытаниях, приведены ниже (рис.3) в таблице.

Следующие рисунки иллюстрируют эту таблицу. Рис.4 - угловое распределение наблюдаемых в пространстве за водородной мишенью V^0 -распадов. Как и ожидалось, имеется острый пик вперед, обусловленный $\pi^+\pi^-$ -распадами. Медленно спадающий длинный хвост - в основном лептонные распады K_{e3}^0 и $K_{\mu 3}^0$. Это подтверждается рисунком 5, на котором представлены распределения инвариантных масс для каждого последовательного углового интервала предыдущего рисунка. В первых двух интервалах хорошо выделяется пик в районе инвариантной массы $m_{\pi\pi} = M_{K^0} = 498$ Мэв, практически исчезающий в третьем и последующих интервалах.

Эксперименты, возможные на установке в ближайшее время.

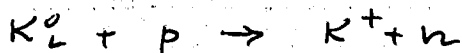
I. Естественно, что наиболее интересные результаты в настоящее время можно получить, изучая регенерацию на водороде. Имеющаяся в настоящее время статистика - 1000 случаев - обеспечивает точность определения модуля и фазы амплитуды $f_{21}^0(p)$ для каждого из 8 энергетических интервалов $10 \pm 15\%$ и $\pm(25^\circ + 30^\circ)$ соответственно. Разумно увеличить статистику до 10000 событий, что даст соответствующие точности 5% и $\pm(7^\circ - 10^\circ)$.

2. Если в опытах на водороде будет обнаружено изменение фазы $f_{21}^0(p)$ с увеличением энергии, то в ближайшее время желательно получить подтверждение этого факта в регенерации на ядрах углерода и меди. Фазы f_{21}^0 на этих ядрах при низких энергиях совпадают по величине с фазами на водороде. Эффект регенерации на углероде и меди можно иметь по крайней мере на порядок больший, чем на водороде.

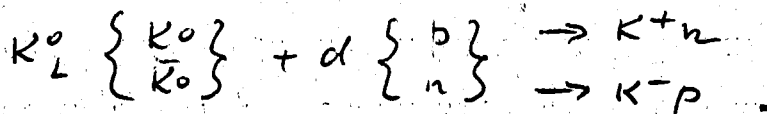
3. Мы планируем в течение 1971 года осуществить наполнение нашей мишени дейтерием и в 1972 году, если это будет возможно, изучить регенерацию на дейтонах.

С точки зрения теории комплексных моментов регенерация на дейтонах определяется только одним ω - полюсом, поэтому измерение энергетической зависимости регенерации на дейтонах даст ценную информацию об ω - траектории. Сравнение χ регенерации на водороде и дейтерии позволит получить сведения о регенерации на нейтронах и, таким образом, будут иметься данные о регенерации для обоих изотопсостояний χ нуклона.

4. Следующим возможным опытом, связанным с тем же кругом проблем (теория комплексных моментов, дисперсионные соотношения), является упругая перезарядка вперед:



и



Для проведения этих опытов установка должна быть дополнена детектором нуклонов отдачи.

5. Наличие детектора нуклонов отдачи позволит провести и последний эксперимент этого цикла - изучить дифракционную регенерацию на протонах и нейтронах. Для этого дополнительно потребуется модернизация магнита (расширение области магнитного поля). Таков набор опытов, который можно выполнить данной установкой с соответствующими дополнениями в течение, скажем, ближайшей пятилетки.

Само собой разумеется, что эта экспериментальная программа может быть осуществлена только, ^{ЕСЛИ} ~~если~~ в течение этого времени на ускорителе ИФВЭ будет существовать пучок нейтральных частиц, ориентированный на внутреннюю мишень под углом $1+2^{\circ}$.

$$(1) I_S(p) = |f(p)|^2 ; f(p) \equiv |f(p)| e^{i\varphi(p)} ;$$

$$(2) f(p) = N \cdot i [f^+(p) - \bar{f}^-(p)] \cdot \Phi(\ell, p, \delta) ;$$

$$(3) \Phi(\ell, p, \delta) = \frac{\pi \Lambda_s}{k} \cdot \frac{1 - \exp(i\delta - \frac{\ell}{2})}{-(i\delta - \frac{\ell}{2})} ;$$

$\ell = \ell_s ; \delta = (\alpha_s - m_s) / \frac{\hbar}{2} ; \Lambda_s = \rho \gamma \tau_s ; k = p / \hbar ;$

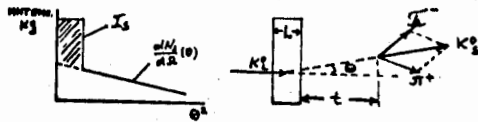
$$(4) \varphi(p) = \arg i [f^+(p) - \bar{f}^-(p)] + \arg \Phi(\ell, p, \delta) ;$$

$$(5) |f(p)|^2 = \frac{N^2 \Lambda_s^2}{k^2} |f^+(p) - \bar{f}^-(p)|^2 \cdot \frac{1 + e^{-\ell} - 2e^{-\frac{\ell}{2}} \cos \delta \ell}{\delta^2 + \frac{1}{4}} ;$$

$$(6) \frac{dN_s}{d\Omega}(\theta) = \frac{dN_s}{d\Omega}(0) \cdot e^{-\theta^2 / 2\theta_0^2} ; \theta_0 = \frac{\lambda}{R} ;$$

$$(7) \frac{dN}{d\Omega}(0) = N \Lambda_s \cdot [f^+(p) - \bar{f}^-(p)] \cdot (1 - e^{-\ell}) ;$$

$$(8) \frac{|f(p)|^2}{\frac{dN_s}{d\Omega}(0)} = \frac{N \Lambda_s}{k^2} \cdot \frac{1 + e^{-\ell} - 2e^{-\frac{\ell}{2}} \cos \delta \ell}{(\delta^2 + \frac{1}{4})(1 - e^{-\ell})} ;$$



$$(9) \frac{d^2 N_s}{d\Omega dt} = S(p) \cdot \epsilon(p, t) \cdot A \cdot [|f(p)|^2 e^{-\Gamma t} + |\eta_{-}|^2 e^{-\Gamma t} + 2|f(p)||\eta_{-}| e^{-\frac{\Gamma_s}{2} t} \cdot \cos(\delta \Gamma_s t + \varphi_1(p) - \varphi_{\eta_{-}})]$$

Рис. 1. Формулы регенерации.

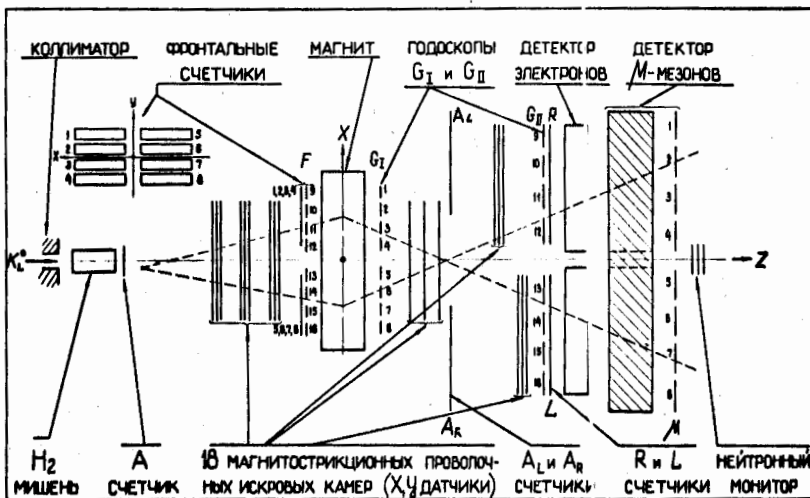


Рис. 2. Схема расположения аппаратуры на пучке.

ПУЧОК :

размер γ H_2 $40 \times 65 \text{ мм}^2$
 horiz. расход. $\pm 0.35 \text{ мрад.}$
 верт. расход. $\pm 0.6 \text{ мрад.}$

РАЗМЕРЫ :

длина H_2 -мишени 3 м
 длина расп. зоны $6(10) \text{ м}$
 длина установки 15 м
 магнит $200 \times 100 \times 25 \text{ см}^3$
 искровые камеры $600 \times 430 \times 8 \text{ мм}^3$

РАЗРЕШЕНИЯ :

координата трека $\Delta X, \Delta Y$ $\pm 0.3 \text{ мм}$
 пространств. угол $\Delta \Theta$ $\pm 0.4 \text{ мрад}$
 координата тог. расп. ΔZ $\pm 3 \text{ см}$
 инвариантная масса $\Delta M_{\pi\pi}$ $\pm 3.5 \text{ мэв}$

ИНТЕНСИВНОСТИ :

протоны на мишень $10''$ проф/цикл
 нейтроны в пучке $\sim 5 \cdot 10^6$ нейт/цикл
 K_2^0 -мезоны в пучке $\sim 5 \cdot 10^4$ K_2^0 /цикл
 скорость запуска (мтл) 30 соб./цикл
 скорость накопл. V^0 ~ 10 соб./цикл
 скорость накопл. K_S^0 ~ 10 K_S^0 /час

Рис.3. Суммарные характеристики пучка и установки.

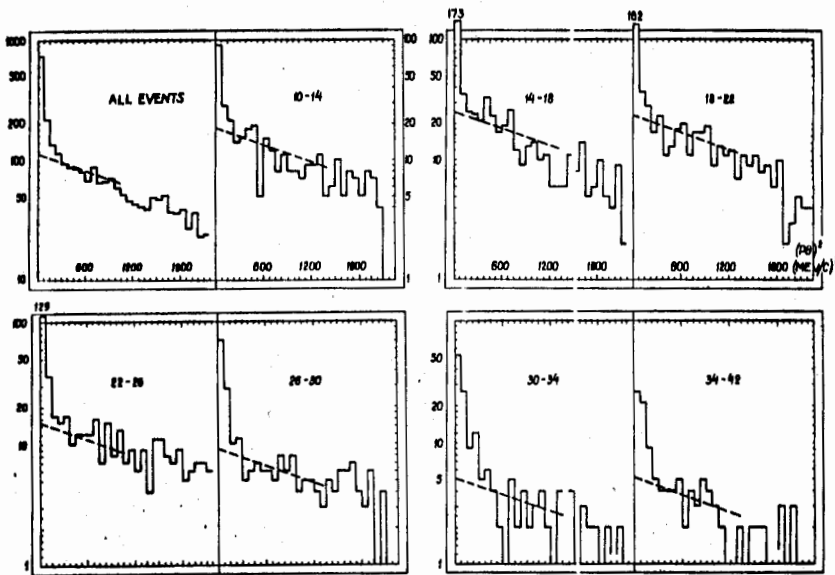


Рис.4. Распределение наблюдаемых V^0 -событий по переданному импульсу $\rho_1^2 = (\rho \Theta)^2$.

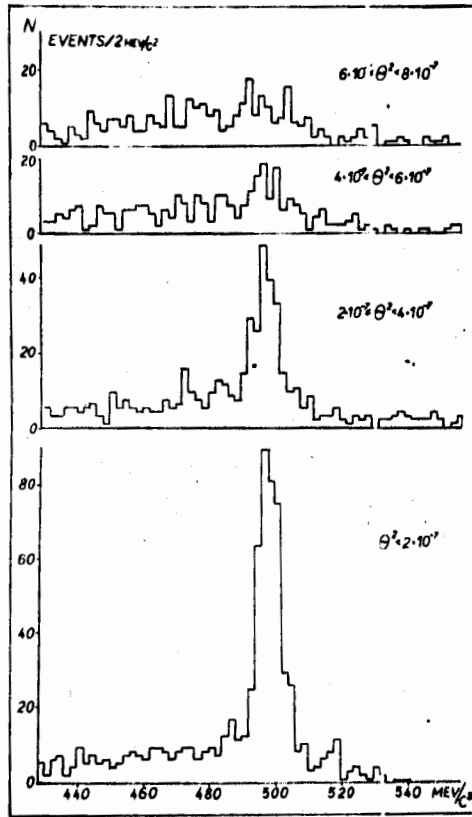


Рис. 5. Распределение событий по инвариантной массе для определенных угловых интервалов.

III, Физическая программа на 1971 год.

Остановимся подробнее на программе измерений регенерации в ближайшее время.

III.1. Регенерация на водороде.

Теоретические предсказания относительно амплитуды регенерации на водороде различны.

а) К.А.Тер-Мартirosян и др. /5/ показал, что с точки зрения теории комплексных моментов (ТКМ) в процессе регенерации на водороде преобладающий вклад будут давать полюса ρ и ω . Вклад ветвлений в сечение регенерации не более 10%. Используя определение амплитуды и сечения регенерации в виде (I0) и (II) (см.рис.6) и вид ТКМ-амплитуд (I2), (I3), им произведено фитирование имеющихся экспериментальных данных по полным сечениям К-мезонов, полученным на заряженных пучках. Результаты фита приведены в таблице на рис.6, откуда видно, что преобладающий вклад в амплитуду дает ω - полюс. Подставляя константы из таблицы в (I2) и (I3), получим выражение для амплитуды в виде (I4), где второй член добавлен искусственно не из ТКМ и представляет вклад за счёт нарушения теоремы Померанчука. Из (I4) следует поведение сечения и фазы регенерации, представленные на рис.7. Каких-либо указаний на величину нормировочного множителя E_0 , ТКМ не дает. Поэтому область энергий, при которых

$$(10) \quad M_{21} \equiv \frac{1}{2} (M_{K^0 p} - M_{\bar{K}^0 p}) = M_w - M_p$$

$$(11) \quad \frac{d\sigma_{21}}{dt} = \frac{1}{16\pi} |M_{21}|^2 ; \quad \frac{d\sigma_{21}}{d\Omega} = |f_{21}|^2$$

$$f_{21} = E/4\pi \cdot M_{21} ; \quad E = p = E_{\text{лаб.}}$$

$$(12) \quad M_a = \sigma_a \eta_a E^{\alpha_a(0) - 1} , \quad a = w, p$$

$$(13) \quad \eta_w = -i - \text{tg} \frac{\pi \alpha_w(0)}{2}$$

ТАБЛИЦА

a	$\alpha_a(0)$	$\alpha'_a(0)$	σ_a	σ'_a для $\Delta\sigma = 0,5 \text{ мВ}$
w	0,45	1,0	9,0	7,6
p	0,49	0,7	2,7	2,5

$$(14) \quad M_{21} = \frac{6}{\sqrt{E}} (-i - 1) + \frac{\Delta\sigma}{2} \left(\frac{2}{\pi} \ln \frac{E}{E_0} - i \right)$$

$$(15) \quad \frac{d\sigma}{dt} = \frac{1}{64\pi} (\Delta\sigma^2 + R^2)$$

$$(16) \quad R = G + \frac{\alpha}{E^2} + \frac{E}{\pi} \rho \int_3^\infty \frac{\Delta\sigma}{E'^2 - E} dE$$

$$(17) \quad \Delta\sigma(\omega) = \Delta\sigma(\infty) + \frac{B}{\omega^\alpha}$$

$\Delta\sigma(\infty) = 2,21 \text{ мВ} ; \quad B = 27 \pm 9 ; \quad \alpha = 1,63 \pm 0,36$

$$f(\omega) = \frac{\omega}{8\pi} \left[-\Delta\sigma \left(i + \frac{2}{\pi} \ln \frac{\omega}{\omega_0} \right) + \frac{B}{\omega^\alpha} \left(i + \text{ctg} \frac{\pi}{2} \alpha \right) \right]$$

$$f(\omega) \equiv \frac{1}{2} [f_{K^0 p}(\omega) - f_{\bar{K}^0 p}(\omega)]$$

рис. 6. Формулы, относящиеся к определению амплитуды и фазы регенерации.

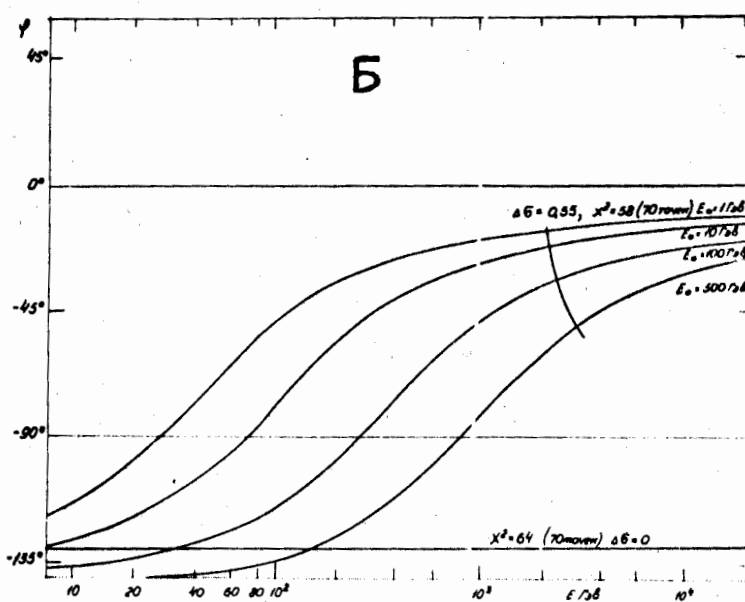
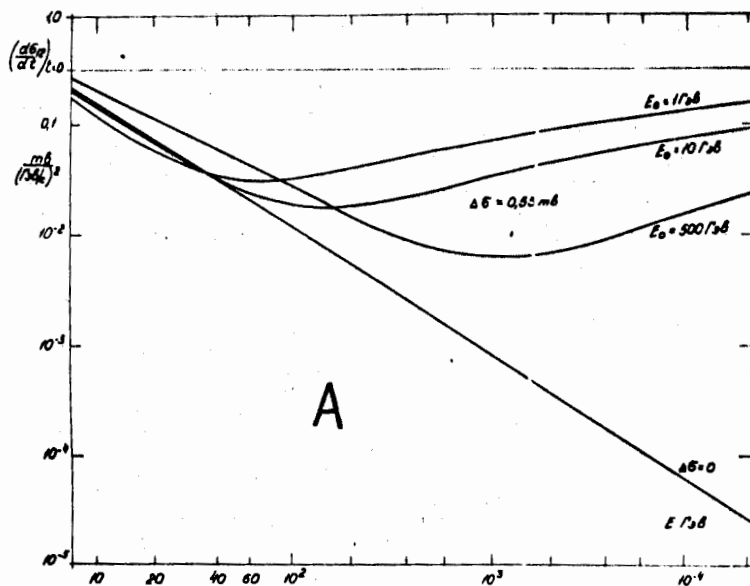


Рис.7. Вычисление дифференциального сечения когерентной регенерации вперед (А) и фазы (Б) на основе теории комплексных моментов без нарушения теоремы Померанчука ($\Delta\mathcal{B} = 0$) и с нарушением ($\Delta\mathcal{B} = 0,55$ мб).

возможно изменение знака реальной части в случае нарушения теоремы Померанчука весьма неопределенна - 20 + 200 Гэв. Сечение регенерации в области 10+40 Гэв в случае нарушения теоремы Померанчука отличается от предсказаний ТКМ на %;

б) Л.Д.Соловьев /6/, предполагая, что полные сечения K^-p и K^+p выходят на плато, начиная с 20 Гэв с разницей $\Delta\sigma = 2.5$ мв и записывая сечение регенерации в виде (15), где R - реальная часть амплитуды регенерации, определяемая дисперсионным соотношением с одной неизвестной константой G , показал, что сечение регенерации при энергии 50 Гэв на 30% больше, чем это следовало бы из ТКМ. При этом возможная область перехода реальной части через ноль 50+150 Гэв.

в) Вишнеvский и др. /7/, представляя результаты измерения полных сечений при разных энергиях ω в виде (17), из кроссинг-симметрии получили вид амплитуды регенерации (18) с одним неопределенным параметром ω_0 . Используя дисперсионные соотношения с вычитанием не у порога рождения Λ , а при большой энергии ($\omega_0 = 10^3$ Гэв), они нашли, что даже в случае нарушения теоремы Померанчука изменение фазы регенерации в области 10-40 Гэв/с очень незначительно (см. рис.8). Однако в случае нарушения теоремы Померанчука фазы и сечения регенерации по абсолютной величине заметно отличаются от предсказаний ТКМ с учётом и без учета ветвлений (см.рис.8).

Как следует из этих вычислений, возможная область энергий, при которых фаза регенерации на протонах меняет знак

$$\omega_p = 580 \begin{matrix} +1000 \\ -340 \end{matrix} \text{ Гэв, а на нейтронах } - \omega_n = 1500 \pm 750 \text{ Гэв.}$$

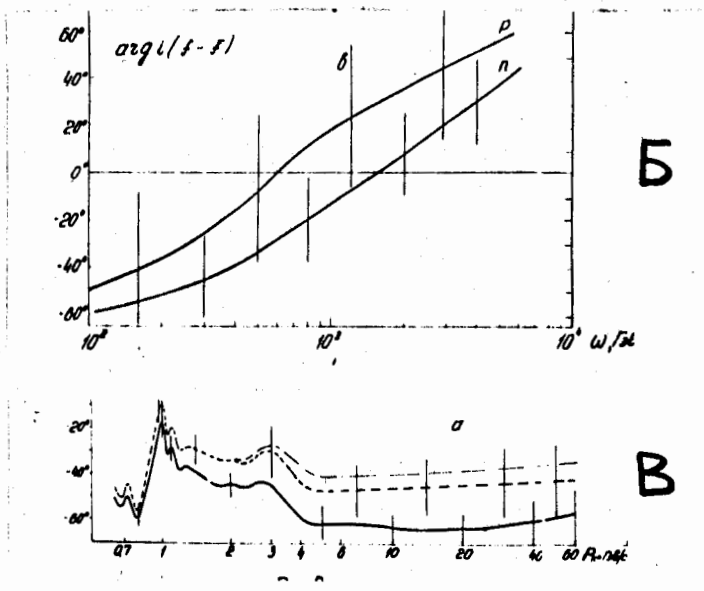
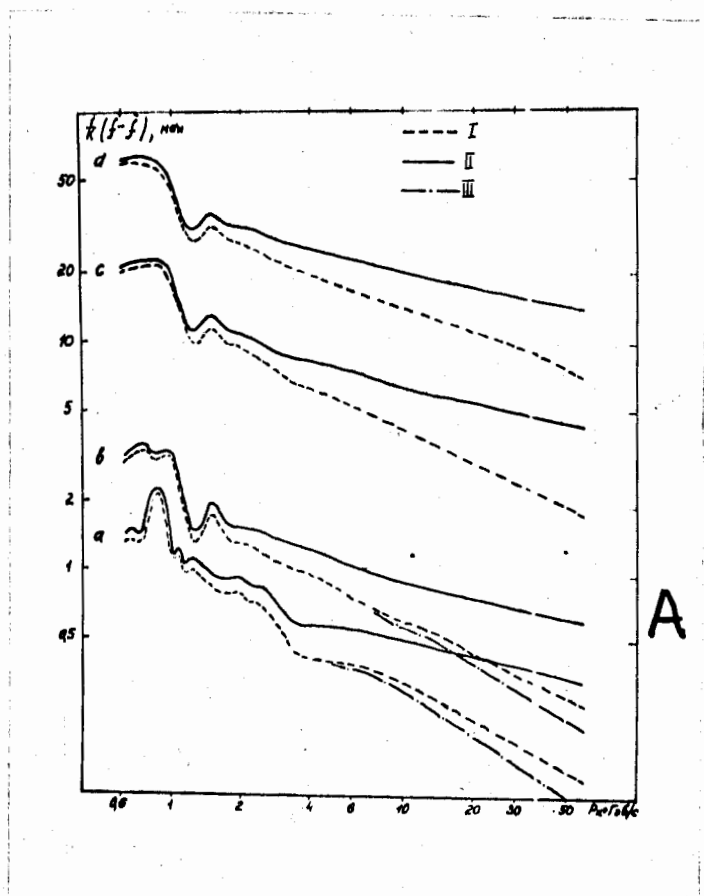


Рис.8. Вычисление амплитуды (А,а) и фазы (Б,В) регенерации на протоне на основе дисперсионных соотношений /7/.
 I - случай выполнения теоремы Померанчука,
 II - случай нарушения теоремы Померанчука,
 III - учет ветвлений.

Изменение ^{на 30%} вклада в сечение регенерации нефизической области сдвигает эти границы до величины $\omega_p = 200 \begin{matrix} +400 \\ -150 \end{matrix}$ Гэв,

$$\omega_n = 1900 \pm 1000 \text{ Гэв.}$$

2). О.Думбрайс и Н.Куин /8/ также на основе дисперсионных соотношений в случае нарушения теоремы Померанчука, используя другую методику вычитаний, нашли что фаза регенерации изменяется с увеличением энергии значительно быстрее, чем в /7/ и реальная часть амплитуды может переходить через ноль при энергиях ~ 50 Гэв. Таким образом, различные теоретические подходы указывают на изменение фазы регенерации с увеличением энергии уже в интервале 10-40 Гэв в случае, если полные сечения K^+p и K^-p выходят на плато с постоянной разницей отличной от нуля. Однако точность предсказаний возможной точки перехода реальной части амплитуды регенерации через ноль очень невысока (20-1000 Гэв).

Сечение регенерации в области 10-40 Гэв, согласно имеющимся рассмотрениям, отличается на 30-100% от предсказаний ТМ, которые предполагают выполнение теории Померанчука.

Измерение фазы и сечения регенерации на водороде с соответствующими точностями $\sim 10^0$ и 5% позволит проверить выполнимость теоремы Померанчука и справедливость различных подходов в применении дисперсионных соотношений к процессу регенерации для данной области энергий.

III. 2. Измерение регенерации $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ на ядрах

Имеет основной целью проверку выполнимости теоремы Померанчука, поскольку если эта теорема справедлива или несправедлива при взаимодействии частиц или античастиц с нуклонами, то она должна быть соответственно справедливой или несправедливой и при взаимодействии с ядрами. Если бы имелись хотя какие-нибудь основания считать, что может быть иначе, то это одно было бы вполне достаточным основанием для проверки теоремы Померанчука и на нуклонах и на ядрах.

Для оценки возможностей проверки теоремы Померанчука в экспериментах по регенерации на ядрах нами были проведены расчеты, основанные на оптической модели ядра. Эта модель хорошо описывает данные по регенерации во всей области импульсов, для которой имеются экспериментальные данные (до ~ 7 Гэв/с). Подробное описание расчетов и полученных результатов содержится в приложении [N:5]. Эти расчеты показывают, что во всей области "Серпуховских" импульсов разность сечений K и \bar{K} мезонов, $\Delta \sigma$, на углероде относительно больше чем на водороде (за счёт большей разности сечений на нейтронах, чем на протонах). Для меди $\Delta \sigma$ относительно несколько меньше, чем для водорода и для свинца - заметно меньше, за счёт возрастания непрозрачности ядер.

Фазы амплитуды регенерации на ядрах, как показывают расчёты и как подтверждают эксперименты в области меньших энергий, близки к фазам регенерации на водороде. Поэтому, если бы фаза регенерации на нуклонах быстро менялась с энергией (что ,

возможно, должно происходить при нарушении теоремы Померанчука), то она столь же быстро должна меняться и на ядрах.

Таким образом, поведение величин $\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$ и χ_p , энергетическая зависимость которых должна иметь характерные различия в случаях выполнения и невыполнения теоремы Померанчука, приблизительно одинаково при регенерации на водороде и ядрах типа углерода и меди. В то же время количество K_S^0 мезонов при регенерации на графите и меди в 10-25 раз больше, чем при регенерации на жидком водороде. (Расчёт показывает, что наибольший выход K_S^0 - мезонов при наименьшем относительном фоне может быть получен на графите). Выигрыш в статистике позволит точнее измерить модуль и фазу амплитуды регенерации, а также провести измерения фазы при разных плотностях регенератора, когда величина одного из измеряемых параметров - модуля амплитуды регенерации может быть изменена контролируемым образом, другой же параметр-фаза, остается без изменения.

Измерение регенерации на ядрах является также основным экспериментом для поиска электромагнитной регенерации, связанной с фактором нейтральных K -мезонов.

Кроме того, данные о регенерации на ядрах послужат для проверки точности оптической модели ядер при энергиях Серпуховского ускорителя.

Изучение регенерации на ядрах необходимо для решения многих методических вопросов. Основные из них следующие.

а) Для определения угла между падающим K_L° и регенерированным K_S° необходимо точное знание координаты внутренней мишени в системе координат установки. Координаты мишени определяются путем экстраполяции восстановленного направления K_S° на расстояние около 75 м и нахождения распределения X и Y координат точек на плоскости внутренней мишени (см. рис.). Точное определение центров этих распределений требует большей статистики, чем это можно иметь на водороде;

б) Одной из основных величин, входящих в формулу (9) является эффективность установки $\epsilon(p, t)$, которая вычисляется методом Монте-Карло. Эти вычисления должны быть проверены путем сравнения различных экспериментальных распределений, характеризующих 2π - распад, с моделированными. Это также требует большой статистики.

Программа измерений может выглядеть так. Поскольку возможно, что в 1972 году канал ИК в ИФВЭ будет разобран, целесообразно в течение 1971 года получить максимально возможное количество информации. Максимальные возможности определяются техническими условиями, в основном работой жидководородной мишени и количеством магнитных лент. Мишень может работать непрерывно 200-250 часов. Максимальное количество магнитных лент, которыми мы можем располагать для переноса информации не более 300. Скорость записи информации при наборе статистики - 1 лента в час. Таким образом, установка может работать непрерывно - 250-300 часов. Учитывая план работы ускорителя в 1971 году (см. приложение № 6) целесообразно работать по 300 часов в течение первых четырех и двух последних

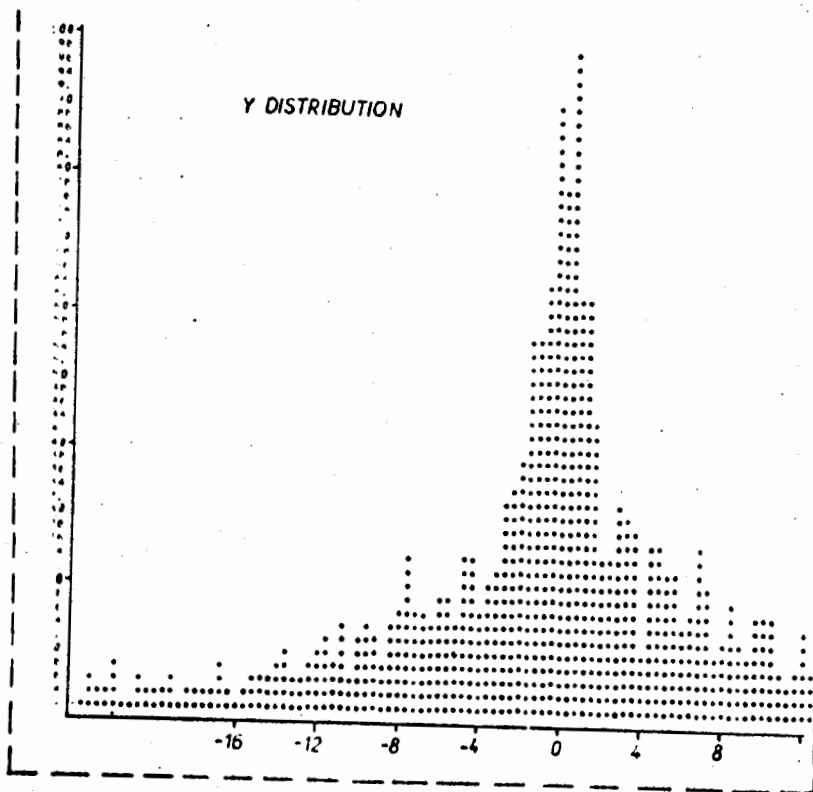
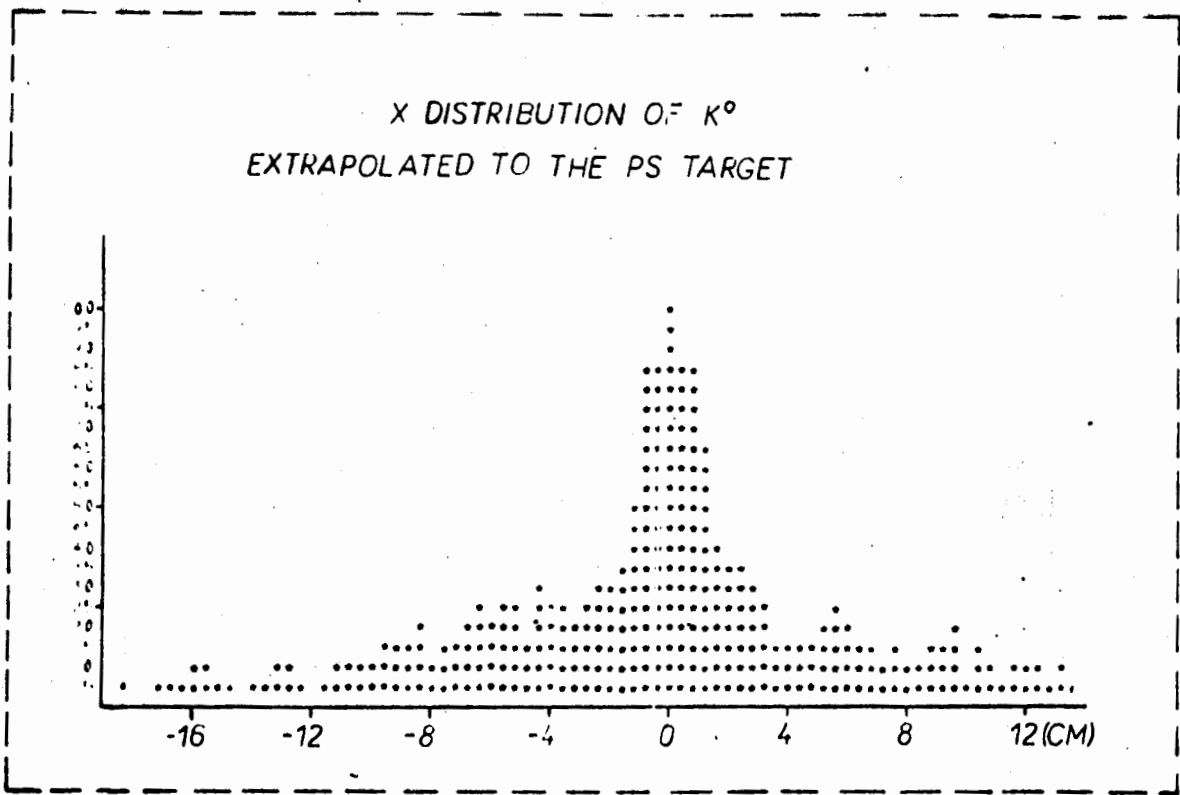


Рис.9. X и Y - распределение регенерированных K_S^0 -мезонов на плоскости внутренней мишени.

сеансов, т.е. 1800 часов в год. 1200 часов отвести на измерения с водородом и по 200 часов - на измерения регенерации на углероде, меди и свинце.

Ожидаемая при этом статистика, обеспечивающая статистическую точность в определении сечения регенерации $\sim 5\%$ и фазы $\sim 7^\circ + 10^\circ$, приведена в таблице.

ядро	Ожидаемое число событий
углерод	20.000
медь	20.000
свинец	15.000

Оценки количества времени на ЭВМ для последующей обработки данных и расхода магнитных лент для обеспечения этой программы измерений приведены в приложениях 1 и 2 соответственно.

IV. Совершенствование установки.

Схема установки приведена на рис.2 (стр.), а общий вид до магнита и после магнита на рис.19 и 10а соответственно. Во время испытаний и эксплуатации ее в 1970 году выявился ряд слабых мест, основные из которых следующие.

1. Как показала обработка результатов в Дубне, эффективность запуска искровых камер V^0 - событиями равна 30%. Для повышения эффективности запуска, а следовательно, сокращения времени на ЭВМ, расхода магнитных лент и т.д., необходимо разнести фронтальный годоскоп, установив (см. рис. II) вертикальный ряд счётчиков перед первой искровой камерой.

2. Анализ показал также, что мюонный детектор имеет высокий уровень случайных совпадений и его нельзя использовать в таком виде для отбора $K_{\mu 3}$ распадов. Требуется установить ещё один ряд мюонных счётчиков (см. рис. II) $\mu 9+16$, включаемых на совпадения со счётчиками $\mu 1+8$.

3. Сцинтилляторы во всех годоскопических плоскостях были изготовлены без моделирования их размеров и они значительно больше, чем это необходимо. Это также увеличивает количество ложных запусков. Сцинтилляторы необходимо переделать, улучшив одновременно конструкцию с целью осуществления контроля их работы с помощью световых диодов.

Ещё одна причина для переделки сцинтилляторов - уменьшение количества вещества на пути частиц для повышения углового разрешения. Как показывают оценки (см. приложение № 7), угловое разрешение, обеспечиваемое установкой в настоящее

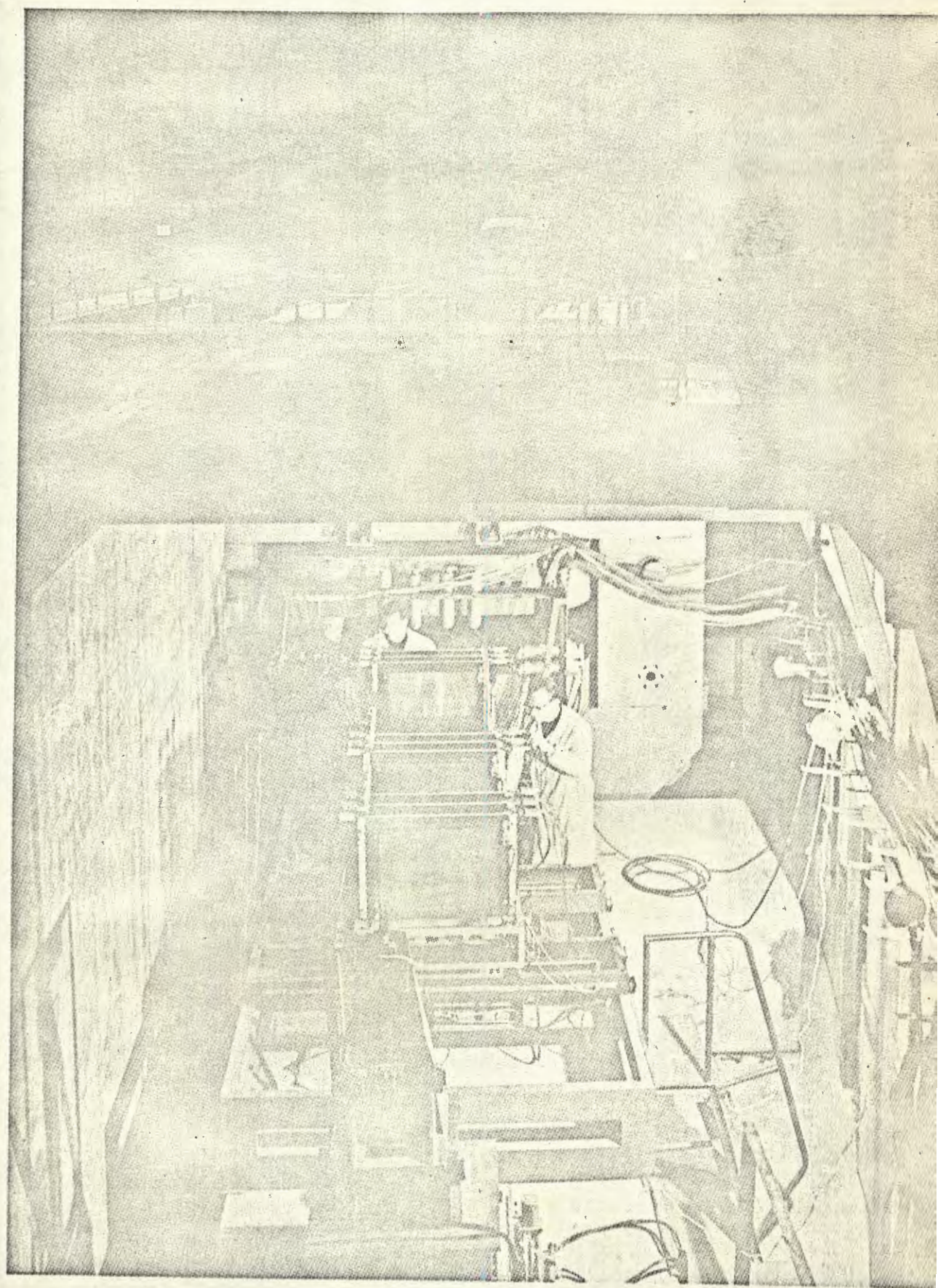


Рис.10. Общий вид спектрометра перед магнитом СП-40.

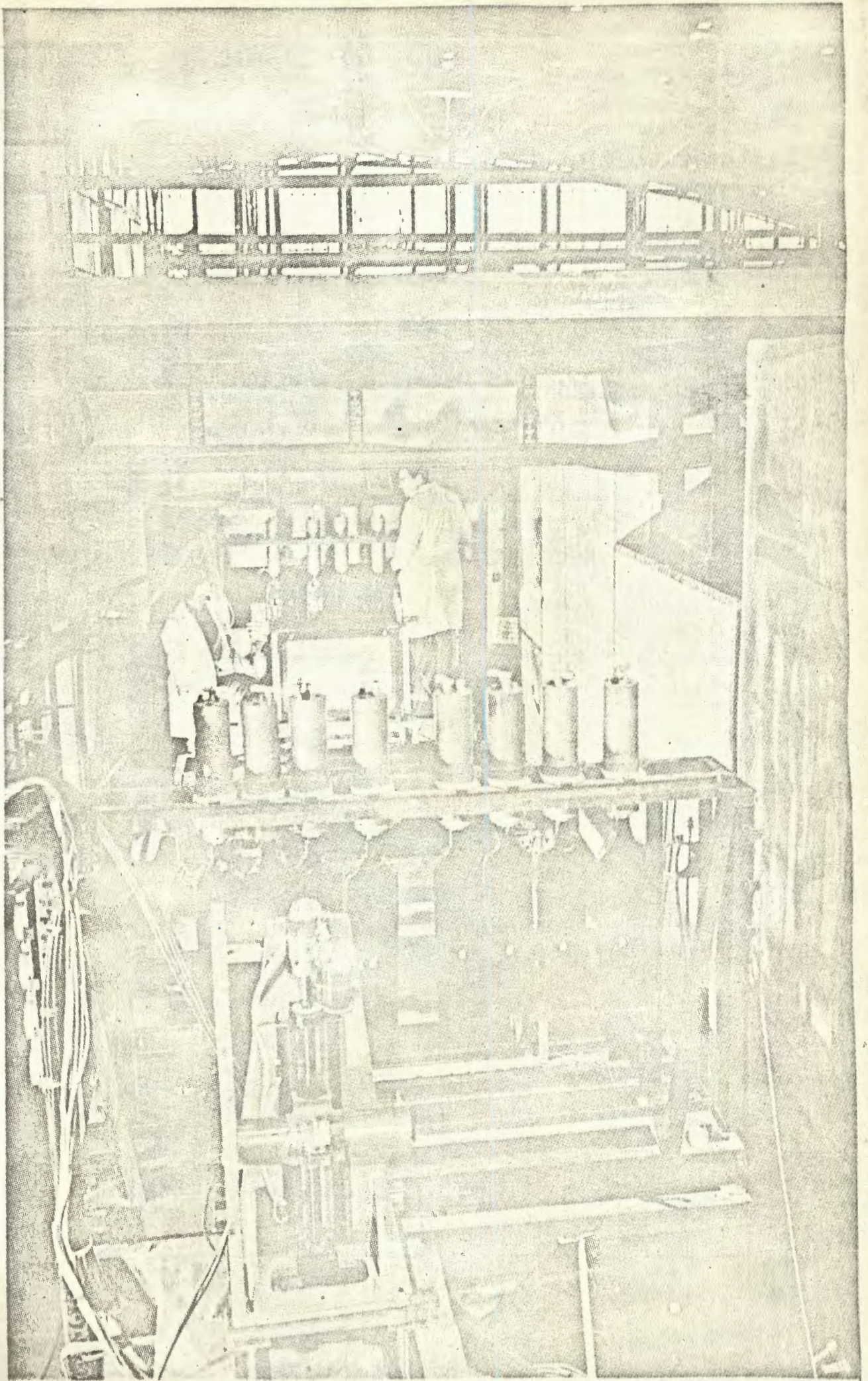


Рис. 10А. Общий вид спектрометра после магнита СМ-40

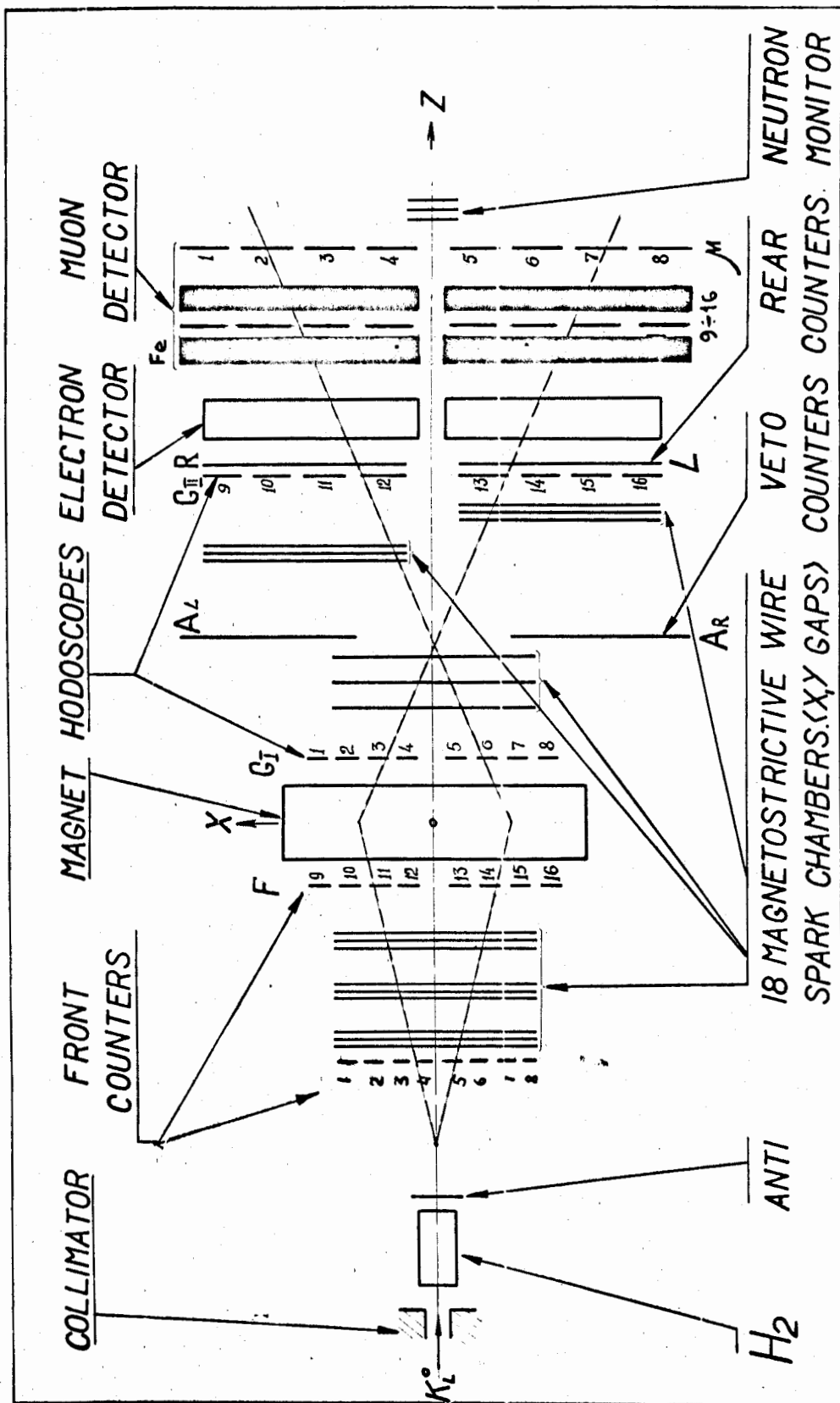


Рис. II. Измененная схема установки.

время (рис.3), определяется в основном многократным рассеянием заряженных частиц в сцинтилляторах и в газе.

Уменьшить количества вещества возможно путем устранения перекрытия сцинтилляторов (см. рис.12), существующего в настоящее время.

4. Железо, используемое для мю-фильтра, плохо обработано (слабы после прокатки). Вследствие этого между слабами есть щели, сквозь которые в мю-счётчики проходят сильно взаимодействующие частицы. Необходимо изготовить новый мю-фильтр.

5. Заводские источники питания типа КВСВ, которые мы используем для питания ФЭУ очень плохого качества и часто выходят из строя. Мы планируем разработать и изготовить специальные источники питания, расположенные внутри кожуха ФЭУ (подобно тому, как это сделано в ЦЕРН,е).

6. В первоначальном проекте установки /2/ отмечалось, что для надёжного разделения мод распадов K^0 -мезонов необходимо иметь детектор электронов, выделяющий $K^0_{e_3}$ - распады и детектор мюонов, выделяющий $K^0_{\mu_3}$ - распады. Без использования этих детекторов распады $K^0_{\pi_3}$, как видно из рисунков 4 и 13, видны на большом фоне трехчастичных распадов.

Во время прошедших в 1970 году сеансов был испытан один из видов детекторов электронов (ДЕ), предусмотренных проектом /2/, - газовый черенковский счётчик. Однако надёжной работы этого счётчика добиться не удалось.

В 1971 году будет настраиваться другой ДЕ - типа "сэндвич".

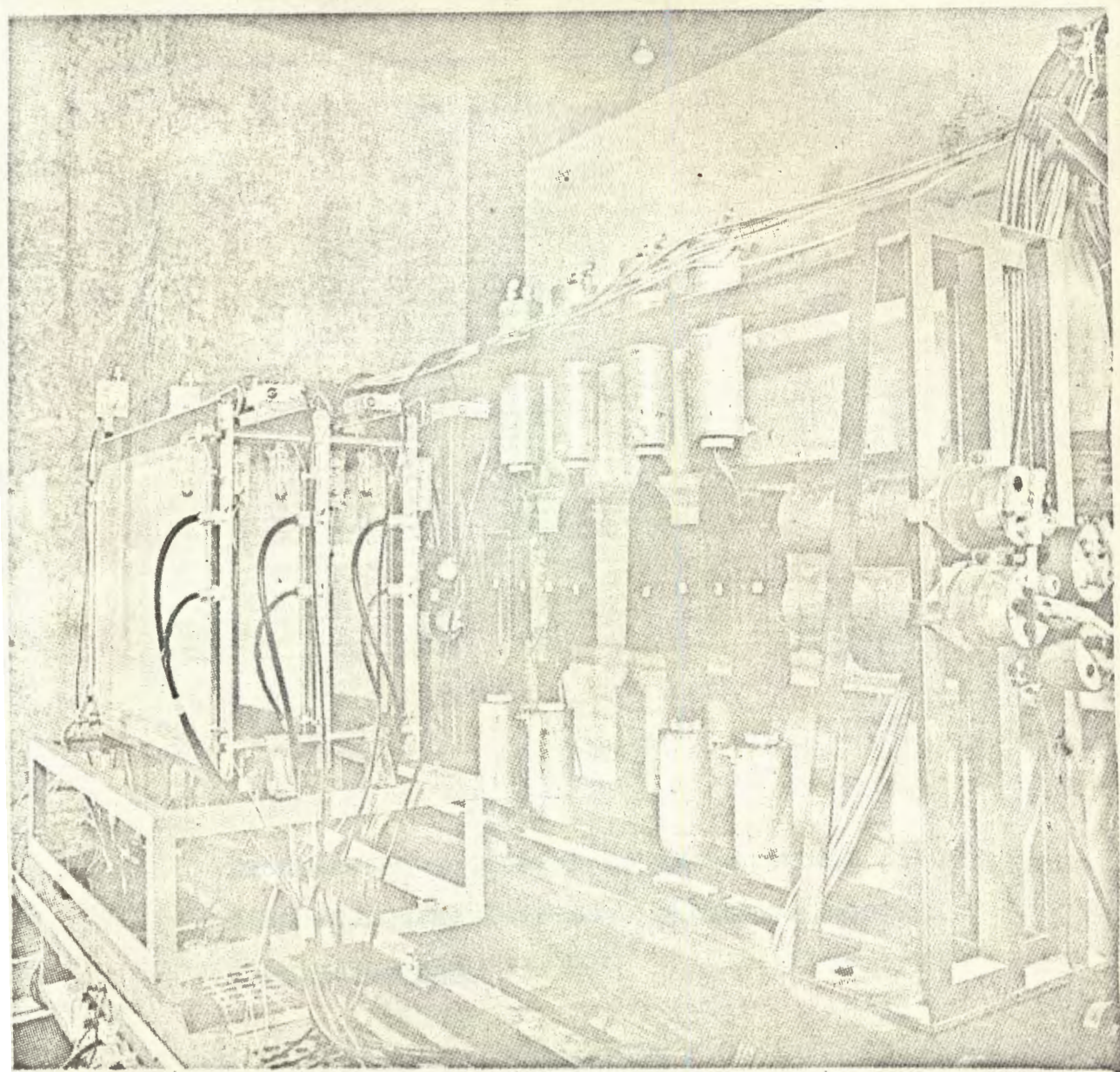


Рис.12. Расположение счетчиков фронтального горизонтального годоскопа.

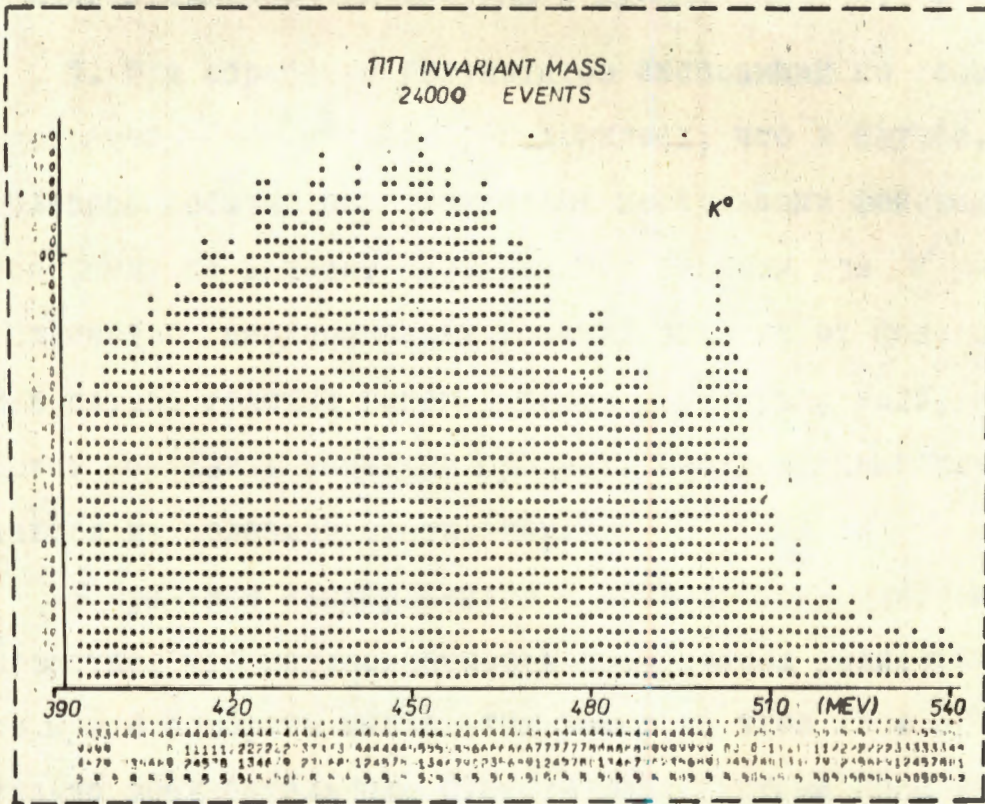


Рис.13. Распределение событий по инвариантной массе в предположении, что обе распадные частицы есть Π - мезоны.

В его настройке примут участие сотрудники ЦИФИ ВНР
, которые для этой цели предоставят и настроят ЭВМ типа ТРА. ТРА будет использоваться для стабилизации трактов ДЕ и осуществления операций контроля аппаратуры. Изменения блок-схемы аппаратуры в связи с использованием ТРА описаны в Приложении № 4 .

7. При обработке результатов экспозиций по геометрической программе *VILLA-333*, выяснилось, что в случае, когда полезное событие сопровождается несколькими фоновыми треками, программа не находит однозначного решения для V^0 - события. Количество неоднозначных решений зависит от фоновых условий и в случае толстых регенераторов (углерод, медь, свинец) может составить заметный процент. Неоднозначные случаи исключаются из полезной статистики.

В практике экспериментов с проволочными искровыми камерами известно, что неоднозначность практически полностью устраняется путем поворота нескольких камер на угол $15 + 60^0$ относительно всех остальных. Существующая система крепления ИК не позволяет повернуть и отъюстировать камеры с достаточной точностью.

8. Опыт работы установки на линии с БЭСМ-ЗМ по приему, накоплению и контролю данных изложен в сообщении ОИЯИ № 191, копия которого приведена в Приложении № 4 . Основные недостатки существующей системы, которые приводят к потере полезного времени работы ускорителя и непроизводительным затратам рабочего времени сотрудников и ЭВМ, следующие.

а) Количество событий, регистрируемое системой счётчиков,

или число запусков искровых камер за цикл, в зависимости от интенсивности ускорителя колеблется в пределах от 25 до 80 соб/цикл. При этом средний объем информации о событии ~100 слов/соб. Таким образом, за цикл работы ускорителя в ЭВМ поступает 2500-8000 слов. ЭВМ может принять максимально 30 событий, т.к. объем оперативной памяти, отведенный для приема информации, равен 3000 слов. Следовательно, практически после каждого цикла ускорения требуется обращение к магнитофону для записи информации на МЛ. Для приема информации в ЭВМ требуется около 1,5 секунд, а для записи с контролем (при скорости 700 слов/сек) - более 4 секунд. Поскольку расстояние между циклами ускорения около 7 секунд, то на операцию приема и записи информации расходуется около 80% времени работы ЭВМ. Операции по контролю установки, на которое не хватает времени между циклами, часто проводятся за счёт пропуска одного или более циклов. Практически по этой причине потери времени ускорителя во время сеансов составляли 20%.

б) Существующая организация работы с МЛ очень несовершенна. Она состоит из следующих операций: 1) разметка лент типа 6Д 19,05 мм на БЭСМ-3М или БЭСМ-4, 2) запись информации на эти ленты во время эксперимента, 3) перепись информации после окончания эксперимента на МЛ типа СДС со скоростью 200 слов/сек и с плотностью 200 бит/дюйм, 4) уплотнение информации (556 бит/дюйм) для хранения или передачи в страны участницы, 5) обработка информации по геометрическим программам и получение вторичных лент суммарных результатов

(ЛСР). На каждом из этапов на работу с одной МЛ тратится соответственно время в часах: $1/3$, 1 , 1 , $1/5$, 1 . Т.к. полезными операциями являются только 2 и 5, то существующая система заставляет нас тратить время на ЭВМ в $1,75$ раза больше, чем это необходимо. Одновременно с этим мы вынуждены проводить операции с двумя типами лент, иметь двойную бухгалтерию, расходовать средства на два типа лент, иметь лент СДС в $2,5$ раза больше, чем это необходимо.

Перечисленные в пункте б) и частично в пункте а) недостатки могут быть устранены путем установки на БЭСМ-ЭМ второго магнитофона СДС-608 и перевод их в режим работы "он-лайн" с установкой. Для этого требуется обеспечение совмещенного аппаратного контроля по четности при записи информации на МЛ, запись с плотностью 556 бит/дюйм, обеспечение обмена между оперативной памятью и ЭВМ полноразрядными словами. При выполнении этих работ скорость записи возрастет до 1700 слов/сек, т.е. более чем в 2 раза по сравнению с имеющейся в настоящее время на магнитофонах БЭСМ-ЭМ и в ~ 8 раз по сравнению со скоростью переписи на СДС-608. При этом высвободится время центрального процессора ЭВМ для проведения минимально-необходимого контроля аппаратуры без потери времени работы ускорителя.

в) Имеются также возможности совершенствования аппаратуры связи и программ, управляющих работой установки. Эти возможности изложены в сообщениях /9, 10/. Главная из них следующая.

Большую долю объема информации, поступающего в ЭВМ составляют координаты искр с ИК. Способ кодирования информации,

согласно /II/, предусматривал, что одно машинное слово содержит две обобщенные координаты, причем в слове 13 разрядов отведено для координаты, а 7 - для номера датчика. При фиксированном порядке датчиков целесообразно вместо номера датчика передавать только признак смены датчика. На что необходимо иметь 1 разряд вместо 7. Таким образом, в одно слово можно закодировать три обобщенных координаты и в 1,5 раза сократить расход магнитной ленты. Одновременно в 1,5 раза эффективно увеличится объем ОЗУ ЭВМ для приема информации о событиях. Для осуществления изменения формата необходимы переделки аппаратуры связи с ЭВМ и программ.

9. При рассмотрении оценки стоимости эксплуатации установки видно, что значительные средства расходуются на газы. Эти средства можно сохранить, если спроектировать и изготовить систему сбора и регенерации газов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. С.Басилазде и др. Препринт ОИЯИ Р1-5361
2. А.С.Вовенко и др. Депонированное сообщение ОИЯИ
№ Б2-1-5362
3. M. GOOD et al., Phys. Rev., 124, 1223, (1961).
4. H. FOETH et al., Phys. Lett., 31, 544, (1970).
5. К.А.Тер-Мартirosян и др.
"Регенерация $K_{11}^0 \rightarrow K_{21}^0$ на нуклонах в теории комплексных
моментов".
Материалы шестой зимней школы по теории ядра и физике
высоких энергий, ч. I стр. 155-170 (1971г.).
6. И.Г.Азнаурян, Л.Д.Соловьев, № 12, 638, 1970 г.
7. М.Е.Вишнеvский и др. Препринт ИТЭФ, № 815, 1970 г.
8. О.Думбрайс, Н.Куми, Phys. Lett., 32B, 65 (1970г)
9. И.М.Иванченко и др. Депонированное сообщение ОИЯИ
№ Б1-10-5502, 1970 г.
10. А.С.Вовенко и др. Депонированное сообщение ОИЯИ
№ Б1-1-5360, 1970 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРИЕМА, ИАКОШЕНИЯ И
КОНТРОЛЯ ДАННЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ
 K_2-K_3 ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ.

г. Дубна, 1970 года.

І. В В Е Д Е Н И Е

Для экспериментов по изучению регенерации $K_L^0 - K_S^0$ - мезонов при высоких энергиях, доступных на ускорителе ИФВЭ в Серпухове, создана установка (магнитный искровой спектрометр), работающая на линии с ЭВМ.

Экспериментальная установка находится на расстоянии 150 метров от вычислительной машины, с которой она соединена кабельной связью. В эксперименте используется модифицированный вариант ЭВМ БЭСМ-ЗМ, дополненной системой прерывания и программно-управляемым каналом обмена информацией с внешним объектом /1/.

Рассматриваемая ЭВМ имеет следующие характеристики:

емкость оперативного запоминающего устройства (ОЗУ)	- 8К слов
длина слова (команды 3-х адресные)	- 45 разрядов
цикл ОЗУ	- 8 мксек
быстродействие	- $20 \cdot 10^3$ $\frac{\text{КОМАНД}}{\text{СЕК}}$
скорость обмена с магнитным барабаном	- 12,5К $\frac{\text{СЛОВ}}{\text{СЕК}}$
емкость накопителя на магнитных барабанах	- 3 МБ по 16К и 1МБ на 8К слов
эффективная скорость записи с контролем на магнитную ленту	- 700 $\frac{\text{СЛОВ}}{\text{СЕК}}$
количество магнитофонов	- 4
емкость одной бобины МЛ	- $600 \cdot 10^3$ слов

скорость ввода с перфокарт	-	20 слов/сек
скорость выдачи на перфокарты	-	10 слов/сек
скорость выдачи на цифро-печать	-	20 слов/сек
скорость обмена через канал связи	-	$125 \cdot 10^3$ слов/сек

Схема спектрометра и функциональная схема его работы изображены на рис. 1 и 2. Подробное описание установки дано в сообщениях /8,9/. Здесь дана только краткая характеристика установки. Распады K^0 -мезонов, приходящие в объеме между анти-счётчиком и первой группой искровых камер, отбираются с помощью годоскопических счётчиков перед и за магнитом и быстрой электроники, вырабатывающей запускающий импульс для искровых камер. Информация о каждом данном событии, а именно: X и Y - координаты искр в каждой из 18 камер, состояние каждого из 40 годоскопических счётчиков, 40 - разрядный тумблерный регистр с условиями работы и значения амплитуд импульсов детектора электронов, принимается с помощью электроники считывания, которая осуществляет также формирование 45 - разрядных слов на промежуточном регистре и передачу их в ЭВМ.

Основными проблемами, для решения которых используется ЭВМ на линии с экспериментальной установкой, являются:

1. Проверка и отладка электронно-логических устройств перед началом эксперимента или его нового этапа;

2. Приём, минимальная фильтрация, накопление в буферной памяти и запись на магнитную ленту (мл) экспериментальной информации;

3. Контроль работы аппаратуры на основе экспресс-анализа входной информации.

Работа ЭМ организована с помощью системы программ, имеющей условное название КРАН (Контроль Работы Аппаратуры и Накопление информации). Первоначальные требования к данной системе программ сформулированы в работе. /7/

Установка работала при интенсивности частиц сбрасываемых на внутреннюю мишень ускорителя ($I \approx 2,5 \cdot 10^{11}$ протонов/цикл. При этом скорость срабатывания электроники, формирующей триггерный импульс, была 25-30 событий за цикл. Как показал анализ, средний объем информации на одно событие был при этом около 100 машинных слов. Таким образом, при объеме памяти 3000 слов, отведённой для приема информации, максимально возможное число событий, регистрируемое установкой за цикл работы ускорителя равно 30. Отсюда видно, что практически после каждого цикла работы ускорителя необходимо обращаться к магнитофону для записи информации на МЛ. При такой интенсивности потока экспериментальной информации и периоде ускорения 7 секунд только запись информации на МЛ (с контролем) занимает более 50% времени центрального процессора. Таким образом, остается мало времени на осуществление контроля аппаратуры и ещё меньше - на контроль аппаратуры и хода эксперимента по физическому эффекту.

При проведении сеансов по набору экспериментальной информации были испытаны различные методы отбора событий с целью поиска наиболее эффективного типа запуска, имеющего

наилучшее отношение эффекта к фону. При этих опытах существенное значение имеет визуальное представление событий в разных условиях запуска. Поскольку, как видно из набора внешних устройств, в нашем распоряжении не было средств для визуального представления событий, заключения относительно типа запуска делались косвенным путем.

В последний сеанс в июле 1970 г. нам удалось осуществить визуальное представление событий с помощью АЦПУ на БЭСМ-4 ИФВЭ. С одной стороны это подтвердило наши предположения относительно эффективности поиска оптимальных режимов работы нашей установки с использованием средств, с другой стороны — показало недостатки технической организации вывода информации на АЦПУ.

В процессе проведения эксперимента для работы ряда программ, используемых для контроля аппаратуры, необходимо было прекращать накопление информации. Последнее можно было бы избежать при расширении оперативной памяти ЭВМ. Таким образом, для совершенствования системы приема, накопления и контроля данных в данном эксперименте и следовательно для повышения производительности системы и труда экспериментаторов, выражаемой в числе полезных событий за час работы ускорителя требуется.

1. Ускорение процесса записи на МЛ
2. Повышение системы автоматизации процесса записи на МЛ
3. Использование внешних устройств для визуального представления событий во время работы установки (в режиме *on-line*).

4. Расширение оперативной памяти ЭМ.

Ниже приводятся соображения, как можно осуществить указанные мероприятия и дано более подробное обоснование их необходимости.

2. Накопление информации на стандартных НМЛ БЭСМ-ЭМ.

В настоящее время основным средством для накопления экспериментальных данных являются накопители на магнитные ленты (НМЛ), входящие в комплект данной ЭМ.

Разметка лент производится заранее, до накопления информации, в основном для проверки ленты и отбраковки её дефектных участков. Номера зон на ленте одной бобины удовлетворяют условию монотонности и для номеров соседних зон: $n_i - n_{i-1} = 1$. Обмен ведётся массивами одинаковой длины.

Режим разметки, совмещенный с записью информации, оказался неприемлемым для наших условий.

Контроль при записи массива осуществляется с использованием фиктивного чтения (модификация с блокировкой останова и первоначальным движением ленты в обратном направлении) и последующим сравнением контрольных сумм, накопленных при записи и контрольном чтении. При плохой записи делается повторная попытка записать информацию в ту же зону. После второй неудачной попытки в зону записывается признак зачёркивания и делается переход к следующей зоне.

При накоплении информации предусмотрено два режима записи:

а) с постоянным контролем по описанной выше стандартной

схеме,

б) с периодическим контролем с обратной связью.

Первый режим в комментариях не нуждается. Второй режим вызван

тем, что при записи с постоянным контролем требуется довольно много времени (как указывалось ранее скорость записи с контролем $700 \frac{\text{СЛОВ}}{\text{СЕК}}$). Подробнее о втором режиме записи см. /6/

Используемые в системе КРАН программы обмена допускают запись на ленту в двух форматах:

а) без уплотнения массивов,

б) с уплотнением массивов.

В первом случае каждой зоне МЛ ставится в соответствие цикл-массив информации, соответствующий одному сбросу пучка частиц на мишень.

Программы обмена (записи/ чтения) при таком формате оказываются весьма простыми и это основное преимущество этого способа записи.

В наших условиях, когда интенсивность потока информации имеет статистический характер применение такого формата приводит к неэффективному использованию магнитной ленты и это является основным недостатком такой формы записи.

При таком формате (в условиях постоянной длины зоны, значительно превосходящей мезонный промежуток) доля полезно-используемой ёмкости ленты оценивается ^{отношением} величиной средней длины цикла

к максимальной, что в наших условиях составляет ~ 50%.

При втором способе записи информация уплотняется таким образом, чтобы заполнить целиком зону. Такой формат позволяет эффективно использовать собственно магнитную ленту и несколько сократить время центрального процессора для записи информации на МЛ.

Недостатком такого способа записи является относительная сложность программ обмена и необходимость буферной памяти для предварительного уплотнения информации.

В условиях накопления и обработки больших массивов информации очень важно обеспечить высокую степень автоматизации работы с ИМЛ. Безусловно, радикальным решением проблемы был бы переход на другие ИМЛ, например, типа CDC, IBM /2/.

Однако имеются некоторые возможности совершенствования и используемых стандартных ИМЛ БЭСМ-ЭМ. Из простейших, с точки зрения технической реализации, и вместе с тем весьма эффективных средств совершенствования работы с ИМЛ является обеспечение возможности автоматического обхода остановов, требующих в настоящее время вмешательства оператора. Одной из таких аварийных ситуаций является случай когда не находится номер зоны (искажён, затёрт и т.д.). В этом случае достаточно за счёт аппаратурных средств передать управление по А2 70 - так же, как при несовпадении контрольных сумм и дальше за счёт программных средств будет обеспечен обход зоны с данным номером.

При этом уменьшаются потери полезного времени, которые сейчас определяются расторопностью оператора ЭВМ.

3. Накопление информации на НМЛ СДС-608.

Как уже отмечалось, при работе ЭМ на линии с экспериментальной аппаратурой накопление информации производится на стандартных магнитофонах БЭСМ-ЭМ.

Для последующей обработки на ЭМ СДС-1604А и БЭСМ-6 информация переписывается на НМЛ СДС-608. Существующие аппаратные и программные средства обеспечивают перепись (запись) со скоростью $170 (200) \frac{\text{СЛОВ}}{\text{СЕК}}$. При такой скорости обмена использование данного магнитофона для накопления в режиме *on-line* невозможно из-за больших потерь времени работы ускорителя. При интенсивности потока входной информации 3к слов за импульс и периоде ускорения 7 сек терялось бы более 60% информации (времени работы ускорителя).

При использовании этого магнитофона для переписи информации в *off-line* режиме требуется дополнительное время работы на ЭМ сравнимое с работой ЭМ в режиме *on-line*.

Приводимые ранее оценки эффективной скорости показывают, что скорость записи на стандартные НМЛ в 4 раза выше скорости записи на НМЛ СДС-608 при существующей системе.

Отметим, что максимально возможная скорость записи (с контролем) для этих НМЛ составляет ~4000 слов/сек. (Длина слова не более 48 разрядов). Она достигается при максимальной (допустимой для данного НМЛ) плотности записи информации.

При средней плотности записи информации (именно при такой плотности ведётся обмен на уровне стандартного математического

обеспечения СДС-1604А) эффективная скорость записи составляет ~ 1700 слов/сек.

Работы по развитию технических средств и программного обеспечения, целью которых является реализация указанной выше оценки скорости (1700 слов/сек) могут быть подразделены на несколько этапов:

1. Обеспечение совмещённого аппаратного контроля по чётности.
2. Обеспечение плотности записи 556 символов/дюйм (22 импульса/ мм).
3. Обеспечение обмена между оперативной памятью и ЭВМ полноразрядными словами.

Оценки скорости, получаемой в результате реализации первых двух этапов, приводятся в таблице I.

Таблица I

Эффективная скорость записи (слов/сек) на НМЛ
СДС-608 (обмен 24 р. словами)

	Несовмещённый контроль	Совмещённый контроль
Низкая плотность	200	650
Средняя плотность	330	1200

Для повышения надёжности при использовании НМЛ СДС -608 помимо контроля по чётности предлагается записывать на ленту контрольный код: циклическую сумму кодов, соответствующую

щих одной логической зоне. Такой комбинированный контроль применялся в системе Минск-22 ↔ СДС -1604А /5/ и показал высокую надёжность. Таким образом, при соответствующих технических и программных доработках возможно использование НМЛ СДС-608 при работе ЭМ на линии с основным экспериментальным оборудованием, что позволит избежать этап переписи информации с НМЛ БЭСМ-4 на НМЛ СДС-608 и избавиться от нежелательных следствий этого этапа.

Кратко отметим преимущества использования НМЛ СДС-608 при работе в режиме *on-line*.

Поскольку на рассматриваемой ЭМ нет автономного (буферизованного) канала записи на НМЛ, то увеличение скорости записи приводит к увеличению доли машинного времени, используемого для анализа информации с целью контроля аппаратуры, что в конечном итоге приводит к понижению эффективности использования основного оборудования. Приведенные оценки скорости показывают, что эффективная скорость записи с контролем на НМЛ СДС -608 может быть сделана в несколько раз выше соответствующей характеристики стандартного НМЛ.

При использовании НМЛ СДС-608 удаётся избежать такого этапа, как предварительная разметка ленты.

Физические зоны могут быть неодинаковой длины, а отбраковка дефектных участков ленты более удобна чем на БЭСМ-ЭМ.

Указанные преимущества позволят упростить программы накопления информации, избавиться от предварительного накопления информации на магнитном барабане (МБ), ████████████████████ освобо-

дить место на МБ для новых программ, а следовательно повысить эффективность использования вычислительной мощности.

Переход на накопление информации со средней плотностью на НМЛ СДС-608 более чем в два раза сокращает необходимый объем магнитных лент.

Поскольку сейчас подключён только один НМЛ СДС-608 к ЭВМ БЭСМ-3М, то за счёт программного обеспечения должен быть обеспечен быстрый переход на режим записи информации на НМЛ БЭСМ-3М в случае поломки собственно НМЛ СДС-608, или соответствующей аппаратуры связи.

Подключение второго НМЛ СДС-608 повысило бы как надёжность системы, так и расширило бы её логические возможности.

4. Организация и средства двусторонней связи экспериментатора с ЭВМ.

На рассматриваемой ЭВМ имеется 4 тумблерных регистра общей емкостью 180 бит. Эти регистры при работе ЭВМ на линии с экспериментальной установкой, используются оператором для управления работой программ. Обычно для данной версии системы математического обеспечения каждый тумблер имеет фиксированное функциональное назначение. Даже для одного эксперимента в различные моменты его проведения необходимы различные наборы программ контроля. Необходимый для работы набор программ контроля из числа имеющихся в запоминающих устройствах определяется экспериментатором, который конструирует из отдельных подпрограмм нужную для работы программу, используя для

обращения к организуемой программе тумблерные регистры. Машина оснащена устройствами ввода/вывода перфокарт и печатающими устройствами, являющимися пока единственным средством выдачи информации в виде таблограмм и алфавитно-цифровых заголовков, которые реализуются за счёт программных средств.

Недостатком в наших условиях при мультипрограммной организации работы - является то, что при работе к ЭМ не могут одновременно подключаться хотя бы два устройства одного типа (например, быстродействующие печатающие устройства). Отсутствие такой возможности приводит к "чересполосице" при выдаче результатов программ разных приоритетов.

Следует отметить одно весьма полезное свойство данной ЭМ. Она оснащена ^{13/}буферным регистром (БР) емкостью в 512 полноразрядных слов. При выполнении команд выдачи на печать или перфорацию, выдаваемая информация сначала переписывается из ОЗ на буферный регистр, а затем производится выдача на печать или перфорацию независимо от работы центрального процессора, так что машина может продолжать вычисления, обращаться к НМЛ и т.п. параллельно с печатью или перфорацией. В ближайшее время ^{11/}к ЭМ планируется подключение АЦПУ, что значительно расширит возможности контроля за счёт вывода информации в удобном для экспериментатора виде гистограмм, графиков, таблограмм, комментариев и т.д. Скорость вывода информации на АЦПУ составляет 6-7 строк в секунду (по 128 алфавитно-цифровых символов в строке).

Весьма удобным средством для контроля за работой установки, устранения систематических ошибок, связанных с неоптимальным выбором некоторых параметров, логической схемы системы избирательного запуска и т.д. является геометрическая интер-

претация событий, зарегистрированных установкой. При этом также может использоваться АЦПУ. Дискретность изображения при помощи АЦПУ не вносит существенной потери информации, так как результаты регистрации информации бесфильмовыми камерами траекторий частиц представляют набор координат отдельных точек. Как уже отмечалось представление событий с помощью АЦПУ оказалось полезным для выбора типа запуска. Рисунки 3 и 4 иллюстрируют изображения событий полученных при помощи АЦПУ. Рис.3 - изображение, полученное в условиях малой фоновой загрузки, где V - образное событие четко видно в обеих плоскостях. На рис.4 трудно найти полезное событие среди большого числа фоновых искр.

Эти представления получены путем записи координат событий на МЛ на ЭВМ БЭСМ-3М и распечатки их с помощью специальной программы на АЦПУ БЭСМ-4 в *off-line* режиме.

Вывод на АЦПУ проекций рабочего пространства установки может быть организован и иначе, - таким образом, чтобы выдача на печать шла параллельно с работой центрального процессора, т.е. в *on-line* режиме. Для этого необходимо обеспечить программный анализ занятости устройства. В наших условиях наиболее рациональной операцией явилась бы организация сигнала "Вызов" в том случае, когда свободен буферный регистр. В настоящее время отсутствие такого сигнала приводит не только к понижению эффективности использования времени центрального процессора, но и к другим нежелательным последствиям, которые в конечном итоге также приводят к потере времени работы ускорителя. Следующий пример иллюстрирует эти не-

желательные последствия. Прохождение программы организовано /4/ в мультипрограммном режиме. Чтобы при работе программы данного приоритета, не происходило уничтожения информации, накопленной на буферном регистре, программой более низкого приоритета — организована программная защита буферного регистра. При этом иногда необоснованно блокируется выдача на печать в программах 0-го (высшего) и первого приоритетов, на уровне которых ведётся фильтрация информации и контроль ряда звеньев установки и канала. Из-за такой блокировки, даже при относительно частых сбоях, могут не выдаваться на печать обращения к оператору о плохой работе аппаратуры.

Для повышения удобства использования АЦПУ в условиях работы ЭМ на линии с внешним источником информации, когда прохождение программы организовано в мультипрограммном режиме, необходимо разделение буферных регистров, связанных с АЦПУ и другими устройствами вывода информации.

Изображение событий в том виде, как они поступают в ЭМ, без расходования времени центрального процессора особенно выгодно в тех случаях, когда геометрическая картина события сложна и её восстановление другими средствами (например, дисплей) требует расходование большого количества времени работы ЭМ.

5. Увеличение оперативной памяти БЭСМ-ЭМ.

В настоящее время при работе ЭМ на линии с экспериментальной аппаратурой используется 8К слов оперативной памяти и 32К слов вторичной памяти на МБ. Длина набора программы, ис-

пользуемых в реальном масштабе времени, составляет 16К слов. Работа этих программ при объёме оперативной памяти 8К слов достигается за счёт автоматического динамического перераспределения оперативной памяти в процессе работы. При этом используется накопитель на магнитном барабане. Перераспределение реализуется при помощи модифицированного варианта интерпретирующей системы, входящей в стандартное математическое обеспечение данной ЭВМ, а также при помощи программы "Диспетчер" и специальных программ запоминания и восстановления участков оперативной памяти.

Дальнейшее расширение комплекса используемых программ за счёт динамического перераспределения невозможно при данной интенсивности поступления информации.

В настоящее время расширение оперативной памяти по меньшей мере на 8К является необходимым средством для повышения вычислительной мощности системы, а следовательно, необходимым средством для расширения контроля развития эксперимента и функционирования аппаратуры, что в конечном счёте приводит к повышению эффективности использования основного, весьма дорогостоящего, экспериментального оборудования (УСКОРИТЕЛЯ).

Расширение памяти является необходимым условием для добавления программы контроля на уровне автоматического опознавания и геометрической реконструкции событий.

Расширение памяти необходимо для развития возможностей общения человека с машиной с использованием АЦПУ, дисплея,

телетайпа.

Данный эксперимент является одним из первых в мире, где делаются попытки повышения уровня автоматизации за счёт управления режимами работы экспериментальной установки с использованием автоматической обратной связи от ЭВМ. Дальнейшие успехи в данном направлении предполагают усложнение программного обеспечения, что предполагает дальнейшее расширение оперативной памяти.

Следует отметить, что расширение оперативной памяти позволило бы использовать для контроля развития эксперимента программы, написанные на языке "АЛГОЛ", что резко повысило бы производительность труда сотрудников, занимающихся созданием математического обеспечения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.И.Барановский, Н.Н.Говорун, Е.Д.Городничев, Г.И.Забиякин, И.М.Иванченко, Г.М.Кадыков, С.В.Кадыкова, А.П.Сысоев, В.И.Семашко, Э.В.Шарапова, В.Н.Шигаев.

Развитие измерительного центра ОИИИ в ИФВЭ (г.Серпухов) на базе БЭСМ-3М. Депонированное сообщение ОИИИ, БИ-10-4643, Дубна, 1969.

2. В.С.Бородин, В.В.Забиякин, С.А.Кадыкова, Е.П.Калиниченко, А.П.Кретов.

Совместимые накопители на магнитной ленте машин:

СДС-1604А, БЭСМ-6, БЭСМ-4 (ЛВТА), БЭСМ-3М (СНЭО)

Депонированное сообщение ОИИИ, БИ-10-4951, Дубна, 1970.

3. В.Ф.Ляшенко.

Программирование для цифровых вычислительных машин М-20, БЭСМ-3М, БЭСМ-4, М-220, Москва, 1967.

4. И.М.Иванченко.

Вопросы организации системы программного обеспечения экспериментов, где ЭВМ используется для сбора и обработки информации в реальном масштабе времени.

Депонированное сообщение ОИИИ, БИ-10-4399, Дубна, 1969.

5. Н.Н.Говорун, И.М.Иванченко, И.И.Шеломцев.

Система программного обеспечения канала связи СДС-1604А и Минск-22, Сообщение ОИИИ, 10-4618, Дубна, 1969.

6. И.М.Иванченко, Н.Н.Карпенко, Н.А.Невская, И.А.Савин, А.С.Чвыров.

Программа контроля работы аппаратуры и накопления информации в эксперименте по исследованию K^0 -мезонов высоких энергий. Депонированное сообщение ОИЯИ.

7. А.С.Вовенко, Н.Н.Говорун, И.А.Голутвин, И.М.Иванченко, В.В.Кухтин, Н.А.Невская, А.А.Митин, И.А.Савин, Д.А.Смолин, А.С.Чвыров.

Первоначальные требования к программам накопления и обработки данных в эксперименте с K^0 -мезонами в Серпухове. Депонированное сообщение ОИЯИ Б1-1-5360, Дубна, 1970.

8. А.С.Вовенко, Л.Б.Голованов, И.А.Голутвин, Б.И.Гуськов, В.Г.Кривохишкин, М.Ф.Лихачев, А.Л.Лхвимов, В.И.Мазарский, Э.О.Оконов, И.А.Савин, Г.Г.Тахтамышев.

Исследование асимптотического поведения амплитуд K^0N и \bar{K}^0N - рассеяния и оценка электромагнитного формфактора K^0 -частиц в опытах по регенерации с K_L^0 - мезонами высоких энергий. Депонированное сообщение ОИЯИ № Б2-1-5362.

9. С.Басиладзе и др.

Магнитный искровой спектрометр для исследования $K_L^0 - K_S^0$ регенерации при высоких энергиях. Сообщение ОИЯИ № Р1-5361, 1970 .

УЗ-ПРОЕКЦИЯ

XZ-ПРОЕКЦИЯ

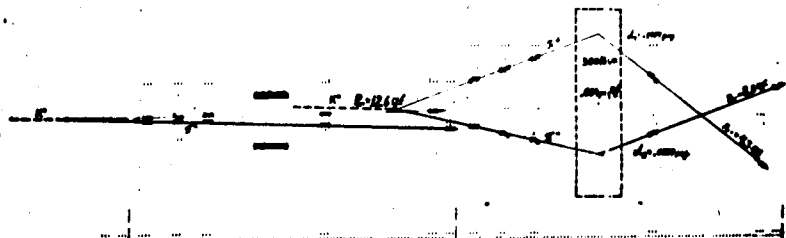


Рис.3. Изображение рабочего события в условиях малой фоновой загрузки

XZ- проекция

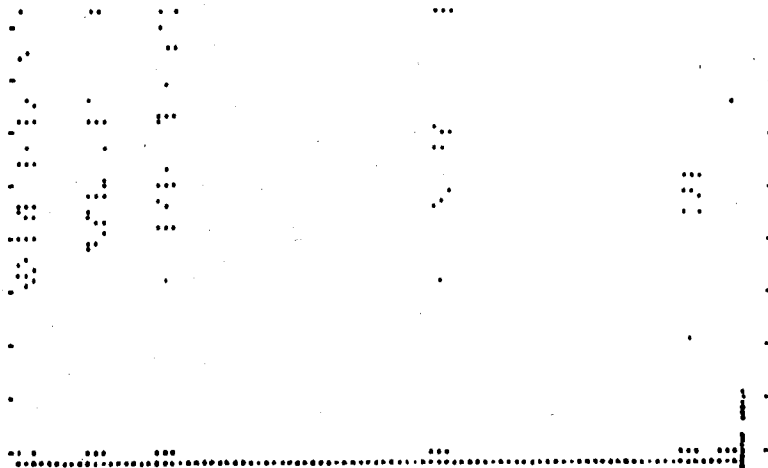


Рис.4. Событие с большой фоновой загрузкой.

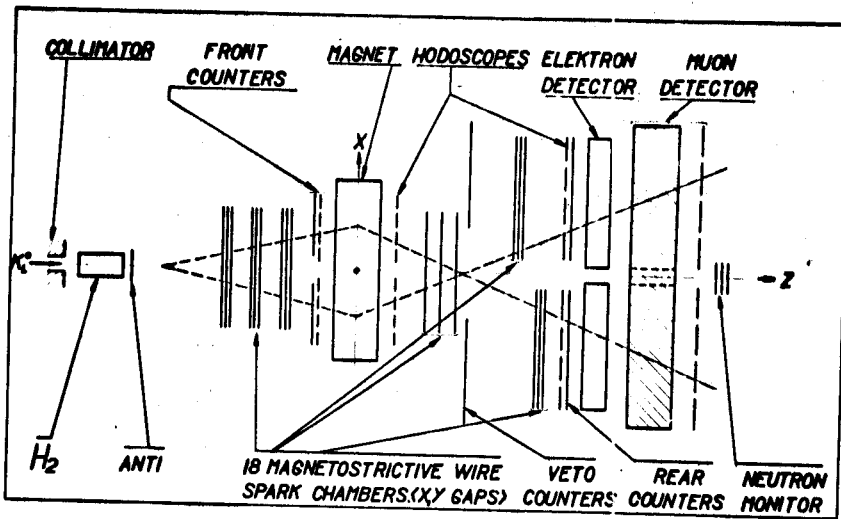


Рис.1. Схема магнитного искрового спектрометра

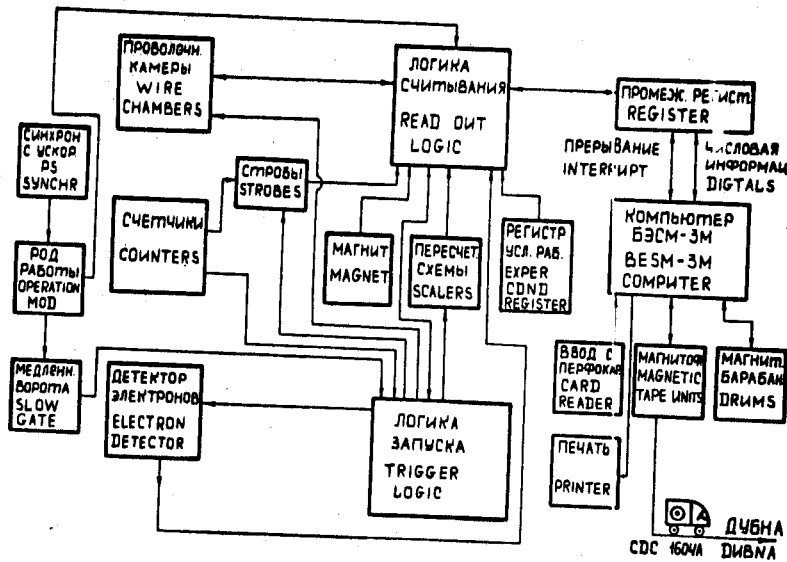


Рис.2. Функциональная схема работы спектрометра

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

А.С.Вовенко, В.Г.Кривохижин, А.Л.Любимов,
И.А.Савин

О ПРОВЕРКЕ ТЕОРЕМЫ ПОМЕРАЧУКА В ОПЫТАХ ПО
РЕГЕНЕРАЦИИ $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ НА ЯДРАХ НА УСКОРИТЕЛЕ
В СЕРПУХОВЕ

Доклад на семинаре по теоретическим
вопросам физики высоких энергий 2 ноября 1970 года.

Дубна, 1970 год

Кажется вполне естественным, что если теорема Померанчука справедлива или несправедлива при взаимодействии частиц и античастиц с нуклонами, то она должна быть соответственно справедливой или несправедливой и при взаимодействии с ядрами ^{x)}.

Поэтому рассматривая опыты по регенерации при высоких энергиях в связи с проверкой теоремы Померанчука, следует обсудить, что может с этой точки зрения дать изучение регенерации на ядрах ^{xx)}.

Качественно ясно, что при регенерации на ядрах можно ожидать большего по сравнению с регенерацией на нуклонах выхода K^0 -мезонов. С другой стороны, также ясно, что с ростом атомного номера и увеличением непрозрачности ядер различие в сечениях между частицами и античастицами должно смазываться. Чтобы количественно оценить эффекты, связанные с регенерацией на ядрах, мы произвели расчеты когерентной регенерации на основе оптической модели ядра.

Естественно, возникает вопрос, насколько можно доверять расчетам регенерации по оптической модели. Для иллюстрации степени соответствия таких расчетов с экспериментальными данными для меди служит рис. 1А, заимствованный из работы группы Руббина /1/. Как видно, в диапазоне импульсов до 7 Гэв/с $\left(\frac{p_{\text{exp}} - p_{\text{calc}}}{p} \right)$ имеется хорошее согласие измеренных величин с расчетными.

x) Если бы имелись основания считать, что может быть иначе, то этого было бы вполне достаточно, чтобы проводить эксперименты по проверке теоремы Померанчука и на нуклонах и ядрах.

xx) Регенерация на дейтонах, заслуживающая отдельного рассмотрения, нами здесь обсуждаться не будет.

Согласие с расчетом величины фазы регенерации, измеренной в этой работе по интерференции распадов K^0 -мезона на 2π -мезоны несколько хуже. Однако данные группы Штейнбергера ^{12,13}, где фаза регенерации при импульсе $\sim 2,5$ Гэв/с измерялась по зарядовой асимметрии лептонных распадов после регенератора, согласуются с расчетами по оптической модели с использованием дисперсионных соотношений для определения K -мезон-нуклонных амплитуд (рис.1Б).

Таким образом, для регенерации на меди расчетные и экспериментальные данные вплоть до импульсов ~ 7 Гэв/с вполне согласуются. Экспериментальные данные по регенерации на углероде ¹⁴ также согласуются с расчетами по оптической модели. Для свинца измеренная величина $\left| \frac{f(\omega) - \bar{f}(\omega)}{k} \right|$ оказалась несколько меньше рассчитанной по оптической модели при удвлетворительном согласии рассчитанных и измеренных величин фазы регенерации ¹⁵.

Вопрос о точности расчетов когерентной регенерации на основе оптической модели для больших энергий нуждается в экспериментальной проверке. Однако для оценок ожидаемой величины эффекта в опытах по регенерации на ядрах при энергиях Серпуховского ускорителя точность этих расчетов представляется достаточной. Поскольку наши вычисления носят оценочный характер, мы не приводим величины ошибок расчета.

В качестве исходных данных мы использовали полные сечения K^+p, K^-p, K^+n и K^-n (равные, по зарядовой симметрии,

сечения k^0n, \bar{k}^0n, k^0p и \bar{k}^0p) и соответствующие отношения Re/Im для амплитуды рассеяния вперед. Эти величины были рассчитаны группой ИТЭФ под руководством К.А. Тер-Мартirosяна на основе модели полюсов Редже с учетом разрезов, при условии наилучшего согласия с имеющимися экспериментальными данными. Вычисления были проведены как для случая выполнения теоремы Померанчука, так и для разной степени нарушений этой теоремы ^{16/}.

Из полных сечений взаимодействия по оптической теореме вычислялась мнимая часть амплитуды рассеяния вперед, затем по отношению Re/Im определялась действительная часть амплитуды. Расчеты по оптической модели ядра велись сходно с ^{17/} (см. приложение).

Для распределения плотности нуклонов в ядре использовалась формула

$$R(\tau) = R_0 / [1 + \exp(\frac{\tau - c}{d})]$$

с параметрами c и d , определенными по рассеянии электронов ^{18/}.

Для углерода были использованы также параметры распределения плотности нуклонов из опытов по фоторождению γ^0 -мезонов ^{19/}. Результаты вычислений с обоими наборами параметров оказались очень близкими. Вычисления проводились начиная от импульса K^0 -мезонов 6 Гэв/с, где результаты наших расчетов находятся в хорошем согласии с упоминавшимися расчетами по оптической модели и экспериментальными данными группы Руббиа ^{11/}, и до импульса 54 Гэв/с, через 2 Гэв/с. Полученные результаты иллюстрируются следующими кривыми. На рис. 2 представлена зависимость от импульса относитель-

ной разности полных сечений K^0 и \bar{K}^0 - мезонов для водорода, углерода и меди.

Как видно, во всем интервале "серпуховских" импульсов ожидается, что такая характерная величина, как разность сечений K^0 и \bar{K}^0 -мезонов на углероде относительно больше, чем на водороде. Это происходит за счет большой разности сечений для нейтронов, чем для протонов (потому на дейтонах эта величина должна быть наибольшей). Для меди эффект непрозрачности оказывается уже несколько сильнее, чем влияние нейтронов.

В случае нарушения теоремы Померанчука форма кривых зависимости величины $\Delta\sigma_t/\sigma_t$ от импульса изменяется, однако, отношение величин $\Delta\sigma_t/\sigma_t$ для разных ядер остается приблизительно тем же. Рассчитанные по оптической модели фазы амплитуды регенерации для различных ядер при серпуховских энергиях почти совпадают между собой, незначительно отличаясь от фаз регенерации на водороде.

Если фаза на нуклонах меняется с энергией, что возможно ожидать при нарушении теоремы Померанчука, то она должна, согласно расчетам по оптической модели, приблизительно столь же быстро меняться и на ядрах. При этом, в зависимости от того, происходят ли изменения фазы регенерации на нейтронах быстрее или медленнее изменений фазы на протонах, изменение фазы на ядрах должно быть соответственно больше или меньше, чем на водороде.

На рис. 3 приведены в полулогарифмическом масштабе зависимости от импульса величины амплитуды регенерации на угол 0

на одном ядре для водорода, углерода, меди и свинца. Как видно, модуль амплитуды растёт с увеличением атомного номера.

Однако число K^0_S - мезонов, образуемых в процессе когерентной регенерации, определяется не только регенерацией на отдельном ядре.

Квадрат амплитуды когерентной регенерации ϑ^2 , дающий интенсивность регенерированных K^0_S - мезонов по отношению к числу K^0_L - мезонов, прошедших регенератор, определяется соотношением

$$\vartheta^2 = \frac{(\pi N \Lambda_S \frac{f(0) - \bar{f}(0)}{\kappa})^2}{\frac{1}{4} + (\Delta m)^2} \times (1 + e^{-\ell} - 2e^{-\ell/2} \cos(\Delta m \times \ell))$$

где N - плотность ядер регенератора;
 Λ_S - распадный пробег K^0 - мезона; $\Delta m = m_{K^0_L} - m_{K^0_S}$
 $\ell = \frac{L}{\Lambda_S}$, L - длина регенератора.

На рис. 4 приведена зависимость величины ϑ^2 от длины регенератора. Видно, что величины ϑ^2 , близкие к максимальной, достигаются при толщинах регенератора, больших чем Λ_S .

Однако интенсивность регенерированных K^0_S - мезонов по отношению к числу K^0_L мезонов, падающих на регенератор

$$Int K^0_S = \vartheta^2 \times e^{-NL\sigma_t}$$

должна убывать вследствие поглощения при толщинах регенератора, больших по сравнению со средним пробегом для взаимодействия

Λ_c . Уже при серпуховских энергиях для плотных регенерато-

ров $\Lambda_c < \Lambda_s \approx 5,9 \text{ см} \times$ импульс (Гэв/с), поэтому максимальный выход K_s^0 - мезонов достигается при толщинах регенератора, меньших Λ_s , т.е. в самом начале кривой рис. 4.

Нами был произведен расчет выхода K_s^0 - мезонов в зависимости от длины регенераторов из графита, меди и свинца для разных импульсов. В качестве примера на рис. 5 представлены результаты расчета для графитового регенератора плотности $1,6 \text{ г/см}^2$ при импульсе 24 Гэв/с. Сплошная линия - выход K_s^0 - мезонов. Эта величина имеет для графита максимум при длине регенератора $L_M \approx 100 \text{ см}$ для интервала импульсов 20-28 Гэв/с. Для меди в том же интервале импульсов $L_M \approx 28 \text{ см}$; для свинца - $L_M \approx 25 \text{ см}$. На рис. 5 нанесено также в произвольных единицах отношение выхода K_s^0 - мезонов к величине фона, создаваемого ядерными взаимодействиями в регенераторе (величина фона предполагалась пропорциональной числу взаимодействий). Максимум здесь достигается при $L < L_M$, ^{$L < L_M$} длинах практически постоянных в рассматриваемом интервале импульсов. Поскольку в реальном эксперименте с искровыми камерами фоновая загрузка является существенным фактором, по-видимому, придется ограничиваться толщинами регенераторов $L < L_M$.

Может показаться, что для увеличения выхода K_s^0 -мезонов выгодно взять регенератор из того же вещества, но меньшей плотности и соответственно большей длины. Однако в действительности выход K_s^0 - мезонов при этом уменьшается и для получения наибольшего количества K_s^0 - мезонов следует использовать регенераторы наибольшей плотности, возможной для данного вещества.

На рис. 6 представлен выход K_s^0 - мезонов на 10^6 первичных

K_L^0 -мезонов для регенераторов из графита, меди и свинца, длина которых для графита и меди выбрана приблизительно средней между L_M и L_C , а для свинца соответствует L_P .

Как видно, количество K_S^0 -мезонов, образуемых на регенераторах из графита и меди может в десятки раз превышать количество K_S^0 -мезонов из жидководородного регенератора длиной 300 см, используемого в эксперименте в Серпухове /10/.

На регенераторах из графита и меди может быть получен приблизительно одинаковый выход K_S^0 -мезонов, на свинце - заметно меньше, чем на меди и графите. На графите и меди может быть достигнута приблизительно одинаковая величина

$|p|$, на порядок превосходящая $|p|$ для жидководородного регенератора x).

Из рассмотренных веществ, для которых имеются эксперимен-

x) $|p|$ входит множителем в величину, зависящей от времени зарядовой асимметрии лептонных распадов K^0 -мезонов Δ , из измерения которой может быть получена фаза регенерации φ_f .

Другим множителем в величину Δ входит $\cos(\Delta t \cdot \tau + \varphi)$.

$\varphi = \varphi_f + \Delta(l, \Delta t)$, где $\Delta(l, \Delta t)$ - рассчитываемая величина ($20-30^\circ$), определяемая длиной регенератора. Ожидаемая величина φ_f такова, что φ близко к 0° , а тогда $\cos(\Delta t \cdot \tau + \varphi)$

() мало чувствителен к величине φ_f , поэтому нельзя надеяться на хорошую точность определения фазы регенерации по зарядовой асимметрии. При измерении φ_f

по интерференции распадов на 2π -мезона, аргумент косинуса отличается от φ на величину фазы СР-нарушающей амплитуды $(\sim \pi/4)$, благодаря чему интерференционный член более чувствителен к величине фазы регенерации.

тальные данные о регенерации при меньших импульсах, наилучшим, с точки зрения проверки теоремы Померанчука, является графит, который при одинаковом с медью возможном выходе регенирированных K_s^0 - мезонов должен давать меньший фон от ядерных взаимодействий в регенераторе и имеет наибольшую относительную равенность сечений для K^0 и \bar{K}^0 мезонов. Следует также отметить еще одно, чисто методическое, преимущество углерода перед более тяжелыми ядрами, а именно: более широкое угловое распределение дифракционно регенерированных K_s^0 - мезонов, что облегчает их отделение от когерентно-регенерированных мезонов. Для тяжелых ядер при серпуховских энергиях выделение дифракционной регенерации вперед затруднено тем, что ширина дифракционного конуса близка к величине углового разрешения аппаратуры ^{x)}.

Таким образом, приходим к следующим заключениям:

1) Можно ожидать проявлений нарушения теоремы Померанчука в процессе регенерации на ядрах приблизительно таких же, как при регенерации на водороде.

2) В экспериментах по регенерации на ядрах можно за то же время получить значительно лучшую статистику, а следовательно, и лучшую точность определения амплитуды регенерации, чем

^{x)} Для решения других задач (например, для поисков электромагнитной регенерации) преимущество может быть на стороне ядер более тяжелых, чем углерод.

при регенерации на водороде, что во многих отношениях компенсирует недостаточную точность теоретических предсказаний для ядер, довольно неопределенных и для водорода (см. материалы настоящего сборника).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Расчет амплитуды регенерации на угол θ по оптической модели ядра.

Обозначим $A_{кор}^m(\theta)$ - амплитуду рассеяния K^0 - мезонов на протонах на угол θ и аналогично $A_{кон}(\theta)$, $A_{кор}^-(\theta)$, $A_{кон}^-(\theta)$

$$z = \sqrt{s^2 + b^2}$$

Пусть $R(z)$ - распределение плотности ядра и где b - прицельный параметр и s - переменная вдоль пути частицы в ядре. Обозначим $W(b) = \int_0^{\infty} R \sqrt{s^2 + b^2} ds$

и введем для ядра с атомным весом A и порядковым номером Z

$$P(b) = \frac{1}{A} [Z \cdot A_{кор}(\theta) + (A-Z) A_{кон}(\theta)] \cdot \frac{4\pi}{K_0} W(b)$$

где K_0 - волновое число свободной частицы, и аналогично $\bar{P}(b)$ для K^0 - мезонов.

Тогда для амплитуды рассеяния K^0 на ядре на угол θ получим

$$f(\theta) = i K_0 \int_0^{\infty} \{1 - \exp[i P(b)]\} \cdot Y_0(K_0 b \sin \theta) \cdot b db$$

где Y_0 - функция Бесселя. (Для \bar{K}^0 аналогично с заменой $P(b)$ на $\bar{P}(b)$.)

Для рассеяния на угол θ $Y_0(0) = 1$

$$\text{Обозначив } X = \frac{1}{A} [Z \cdot \text{Re} A_{кор}(\theta) + (A-Z) \text{Re} A_{кон}(\theta)] \cdot \frac{4\pi}{K_0}$$

$$Y = \frac{1}{A} [Z \cdot \text{Im} A_{кор}(\theta) + (A-Z) \text{Im} A_{кон}(\theta)] \cdot \frac{4\pi}{K_0}$$

\bar{X}, \bar{Y} - аналогичные величины для \bar{K}^0

Можно написать для действительной и мнимой части амплитуды рассеяния K^0 - мезонов вперед на ядре:

$$\operatorname{Re} A_{K^0 \text{ я}}(0) = K_0 \int_0^\infty \sin[\chi \cdot w(b)] \exp[-\gamma \cdot w(b)] \cdot b db$$

$$\operatorname{Im} A_{K^0 \text{ я}}(0) = K_0 \int_0^\infty [1 - \cos[\chi \cdot w(b)]] \exp[-\gamma \cdot w(b)] \cdot b db$$

Аналогично для \bar{K}^0 - мезонов.

Полное сечение на ядрах определяется по оптической теореме из рассчитанной мнимой части амплитуды рассеяния вперед

$$\sigma_t(K^0 \text{ я}) = \frac{4\pi}{K_0} \operatorname{Im} A_{K^0 \text{ я}}(0).$$

Для \bar{K}^0 - аналогично.

Действительная и мнимая части амплитуды регенерации на ядре на угол 0 $f(0) - \bar{f}(0)$ определялись отдельно, соответственно, как разности действительных и мнимых частей амплитуд рассеяния на 0 для K^0 и \bar{K}^0 .

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Faisner et al. Phys. Lett. 30B, 204 (1969).
2. S. Bennet et al. Phys. Lett. 27B, 239 (1968).
3. S. Benner, Nevis 184, Nevis Laboratories, Irvington-on-Hudson, New York, (1970).
4. M. Bott-Bodenhausen et al. Phys. Lett. 23, 277 (1966).
5. H. Foeth et al. International Conf. on High Energy Phys. & Nucl. Structure, New York, Sept. (1969); Phys. Lett. 31B, 544 (1970).
6. К.А. Тер-Мартirosян и др. Настоящий сборник.
7. A. Böhm et al. Phys. Lett. 27B, 594 (1968).
8. Landolt-Bernstein. Nucl. Radii, (1967).
9. H. Alvensleben et al. Phys. Lett. 24, 792 (1970).
10. А.С. Вовенко и др. Настоящий сборник.

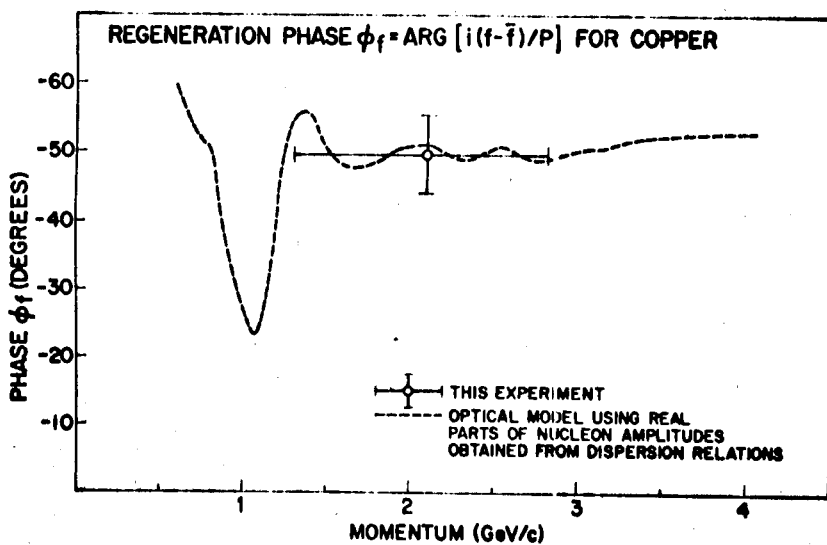
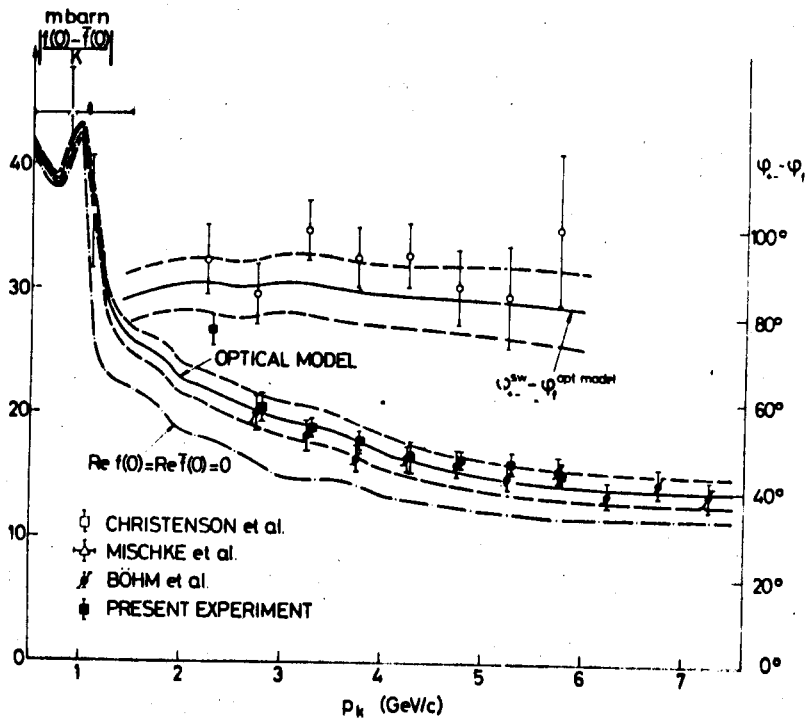


Рис. I. Сравнение экспериментальных данных по регенерации на меди с расчетами по оптической модели ядра.

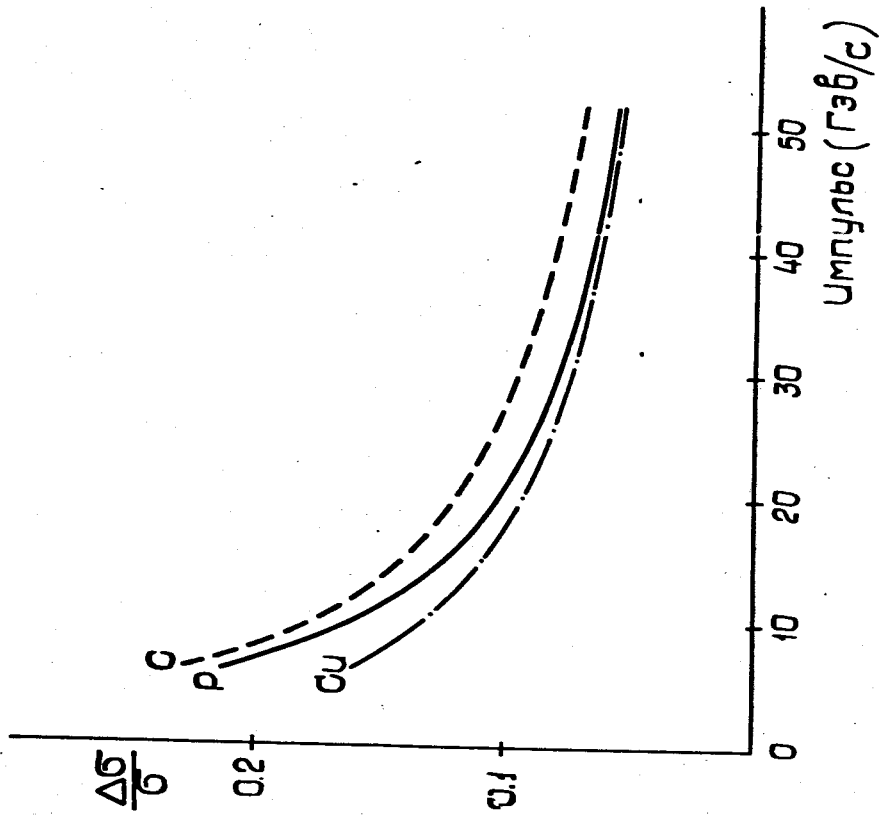


Рис. 2. Относительная разность поперечных сечений $\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{2\Gamma\sigma_1(K^2) - \sigma_1(K^2)}{\sigma_1(K^2) + \sigma_2(K^2)}$

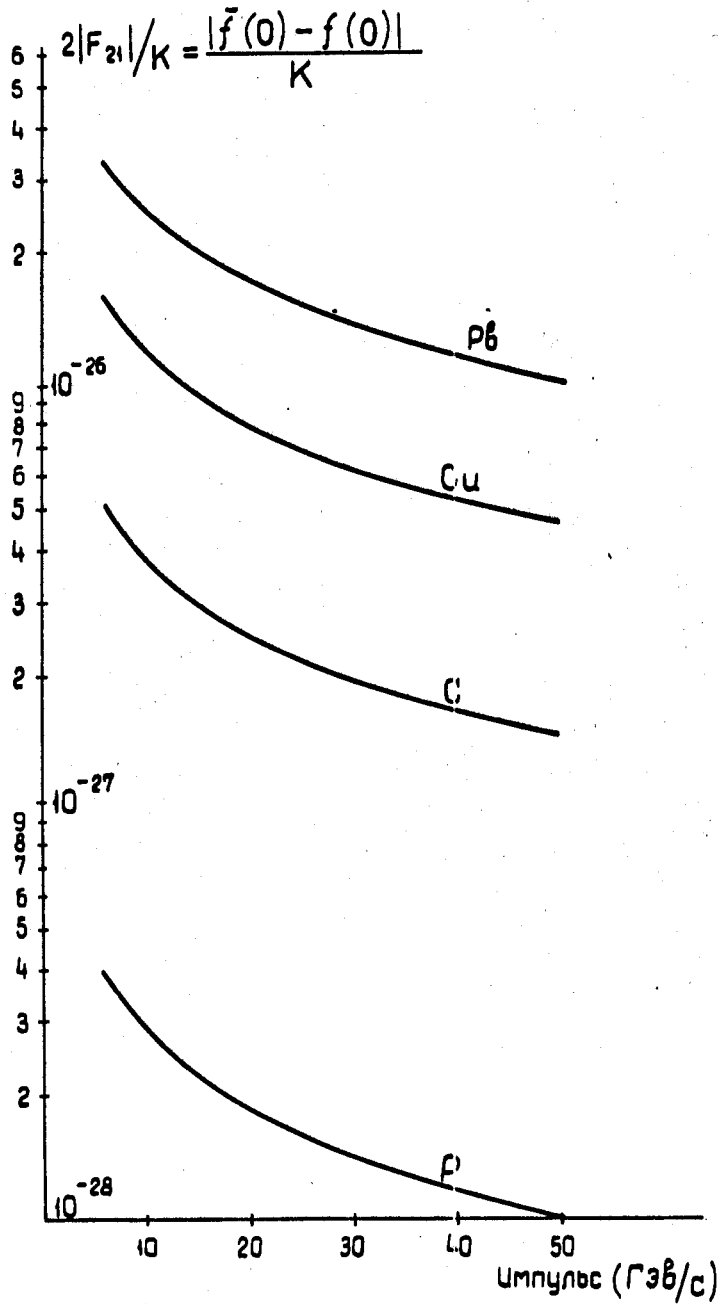


Рис. 3. Амплитуда регенерации на угол 0 на ядрах.

$$\frac{g^2}{g_\infty^2} = 1 + e^{-\ell} - 2e^{-\ell/2} \cos(\Delta m \cdot \ell)$$

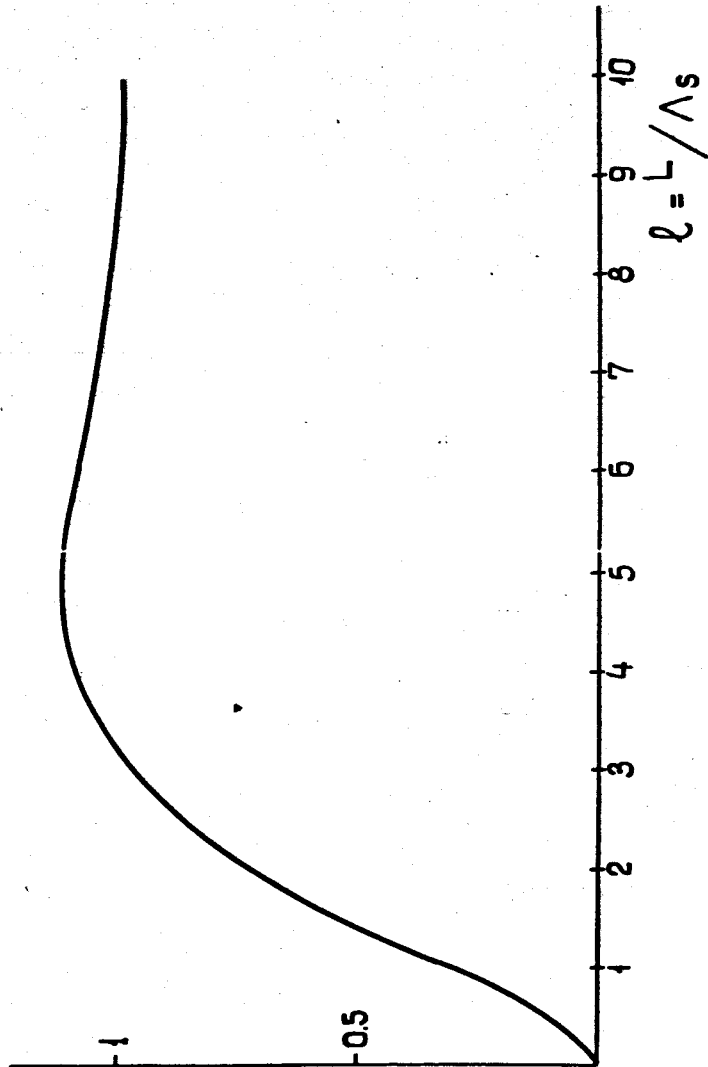


Рис. 4. Зависимость квадрата амплитуды когерентной регенерации g^2 от длины регенератора;

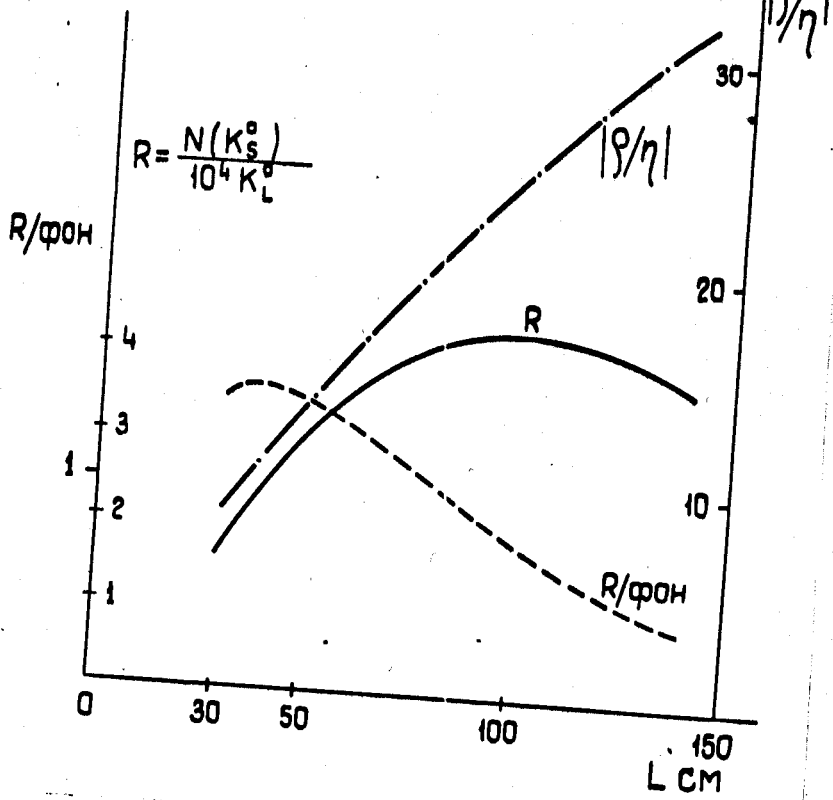


Рис. 5 см. текст приложения № 5, стр. 66

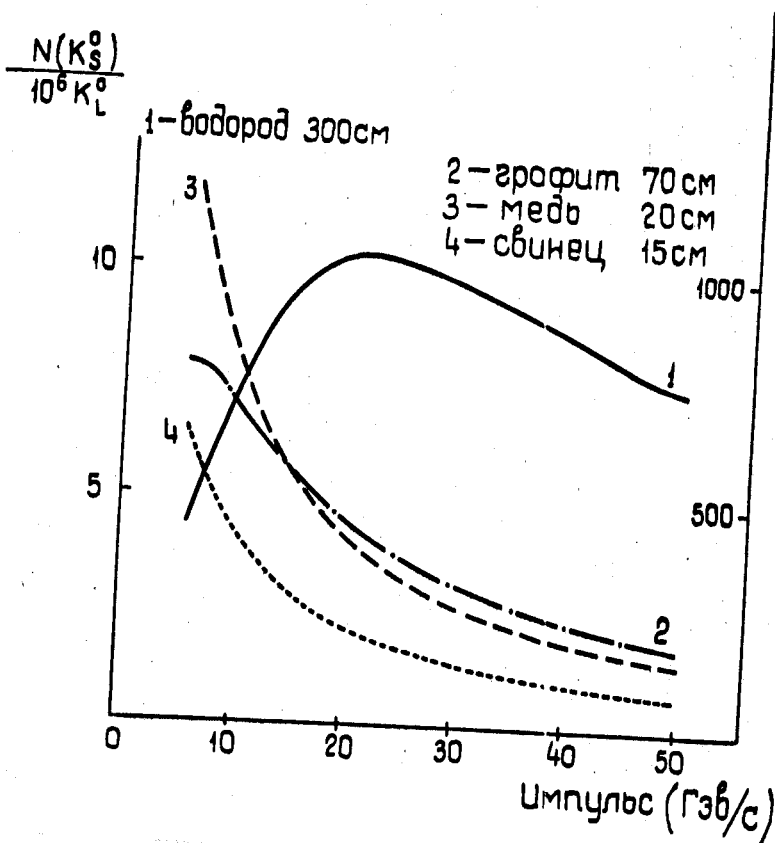


Рис. 6. Количество K_S^0 - мезонов, когерентно регенерированных 10^6 первичных K_L^0 - мезонов. Левая шкала - для водорода, правая - для остальных регенераторов.

Оценка точности измерения направления движения,
массы и импульса K_S^0 - мезона

Рассмотрим распад K_S^0 - мезона на два заряженных пиона.

В системе покоя K_S^0 - мезона имеют место следующие соотношения:

1) Полный импульс системы $P^* = 0$;

2) импульсы пионов от распада каона равны и противоположны по направлению

$$P_1^* = -P_2^* = \frac{1}{2} (m_K^2 - 4m_\pi^2)^{1/2} = \\ = \frac{m_K}{2} \left(1 - 4 \frac{m_\pi^2}{m_K^2}\right)^{1/2};$$

(Здесь и в дальнейшем $c = 1$).

3) Полные энергии пионов равны

$$E_{\pi_1}^* = E_{\pi_2}^* = \frac{m_K}{2};$$

4) Углы вылета пионов относительно направления движения каона в лабораторной системе координат удовлетворяют соотношению

$$\theta^* = \theta_1^* + \theta_2^* = 180^\circ$$

В лабораторной системе координат имеют место следующие соотношения:

(Здесь, в лабораторной системе координат, мы опускаем звездочку)

$$1) \quad p^2 = p_1^2 + p_2^2 + 2 p_1 p_2 \cos \theta ;$$

2) Перпендикулярный, параллельный и полный импульсы одного из пионов (для другого аналогично) равны, соответственно:

$$p_{\perp 1} = p^* \sin \theta_1^*$$

$$p_{\parallel 1} = \gamma c (p^* \cos \theta_1^* + \beta c E^*) = \frac{E}{2} \left\{ \left(1 - 4 \frac{m_{\pi}^2}{m_K^2} \right)^{1/2} \cos \theta_1^* + \frac{p}{E} \right\} = \\ = \frac{p}{2} \left\{ \left(1 + \frac{m_{\pi}^2 - 4 m_{\pi}^2}{p^2} - \frac{4 m_{\pi}^2}{m_K^2} \right)^{1/2} + 1 \right\} ,$$

$$p_1^2 = p_{\perp 1}^2 + p_{\parallel 1}^2$$

$$3) \quad \operatorname{tg} \theta_2 = \frac{p_{\perp 1}}{p_{\parallel 1}} ;$$

$$4) \quad \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta} = \frac{p_1}{p}$$

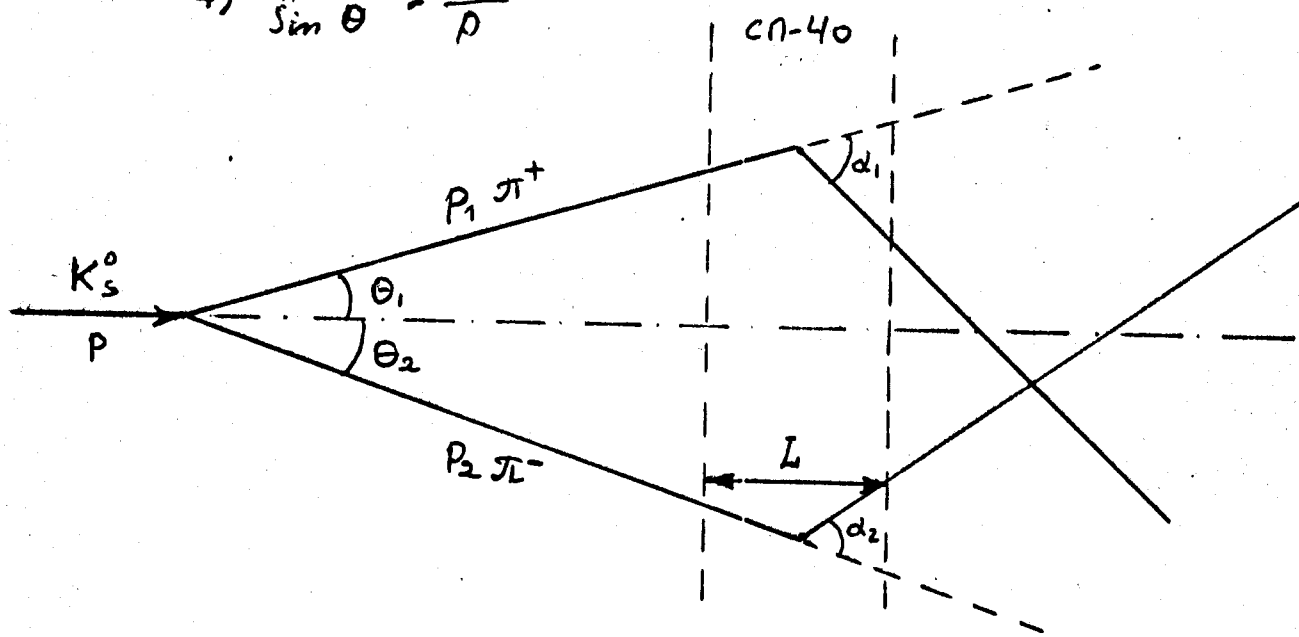


Рис. I.

Схема измерения импульсов пионов и угла их разлета θ .

СП-40 - магнит.

L - эффективная длина магнитной дорожки в сантиметрах с постоянным полем H эрстед.

Для релятивистских заряженных частиц двигающихся в магнитном поле (в плоскости рис. I и перпендикулярно силовым линиям магнитного поля) угол поворота и импульс частицы связаны известным соотношением:

$$\sin \alpha_1 = \frac{300 H L}{P_1} = \frac{A}{P_1}$$

В дальнейшем будем предполагать:

1) что углы $\theta_1, \theta_2, \alpha_1, \alpha_2, \theta, \alpha_1 + \alpha_2$ малы и синусы и тангенсы соответствующих углов равны этим углам;

2) что ошибка в определении углов в основном зависит от кулоновского рассеяния пионов в веществе между точкой распада K_1^0 - мезона и последней искровой камерой спектрометра.

Это в нашем случае, справедливо, если

$$\Delta \alpha_1 \approx \Delta \alpha_2 \approx \Delta \theta_{\text{кул.}} = \frac{21 M \beta}{\rho} \sqrt{2t} \ll 10^{-4} \text{ рад.},$$

где t - толщина вещества в радиационных единицах;

3) что $E_1 = p_1 \left(1 + \frac{m^2 c^2}{p_1^2}\right)$, $p = p_{1\parallel} + p_{2\parallel}$, $\cos \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$ и т.п.

А. Оценка ошибки в определении направления движения распавшегося K_1^0 - мезона

Ошибка в определении направления движения K_1^0 - мезона определяется ошибкой в измерении θ_1 или θ_2 .

В этом случае имеем:

$$\Delta \theta_K = \Delta \theta_1 = \Delta \theta_2 \approx \theta \frac{d_1 d_2}{(d_1 + d_2)^2} \left\{ \left(\frac{\Delta d_1}{d_1} \right)^2 + \left(\frac{\Delta d_2}{d_2} \right)^2 \right\}^{1/2}. \quad (1)$$

Для симметричного распада в параллельной или перекрестной геометрии формула (I) упрощается и принимает вид:

$$\Delta \theta_K = \frac{21 \text{ мэВ}}{p_K \text{ мэВ}} \cdot \sqrt{2t} = \sqrt{2} \cdot \theta_{\text{кун}}. \quad (1a)$$

Последняя формула вполне достаточна для того, чтобы найти оценку ошибки в определении направления движения распавшегося K_1^0 - мезона.

В. Оценка ошибки в определении импульса каона

Ошибка в определении импульса каона складывается из ошибок определения импульсов пионов

$$\Delta p^2 = (\Delta p_1^2 + \Delta p_2^2) = \left\{ \left(p_1 \frac{\Delta d_1}{d_1} \right)^2 + \left(p_2 \frac{\Delta d_2}{d_1} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

При симметричном распаде и перекрестной геометрии получим:

$$\frac{\Delta p}{p} \approx \frac{21 \text{ МэВ}}{300 \text{ НК} \cdot \sqrt{t}} \quad (2a)$$

Если $300 \text{ НК} = 618 \text{ МэВ/с}$, то $\frac{\Delta p}{p} \approx 2.4 \sqrt{t}$

С. Ошибка в определении массы каона

$$m_K^2 \approx m_\pi^2 \left(2 + \frac{p_2}{p_1} + \frac{p_1}{p_2} \right) + p_1 p_2 \theta^2$$

$$(2 m_K \Delta m_K)^2 \approx \left\{ \left[m_\pi^2 \left(\frac{p_2}{p_1} - \frac{p_1}{p_2} \right) + p_1 p_2 \theta^2 \right] \frac{\Delta d_1}{d_1} \right\}^2 +$$

$$+ \left\{ \left[m_\pi^2 \left(\frac{p_1}{p_2} - \frac{p_2}{p_1} \right) + p_1 p_2 \theta^2 \right] \frac{\Delta d_2}{d_2} \right\}^2$$

(3)

При симметричном распаде и в перекрестной геометрии

$$\Delta m_K \approx 21 \cdot \sqrt{2t} \text{ МэВ}$$

$$\frac{\Delta m_K}{m_K} = \frac{21 \text{ МэВ}}{4 \cdot 300 \text{ НК}} \cdot \sqrt{t} \% \approx 0,85 \sqrt{t} \quad , \text{ если}$$

$$300 \text{ НК} = 618 \text{ МэВ}$$

Рассмотрим несколько практических случаев, относящихся к нашей установке.

На пути частиц находится следующее вещество:

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| I. а) 15 м воздуха | $t = 525 \cdot 10^{-4}$, |
| б) 15 искровых камер | $t = 240 \cdot 10^{-4}$, |
| в) 2 см сцинтиллятора | $t = 450 \cdot 10^{-4}$, |
| г) 5 м гелия | $t = 10 \cdot 10^{-4}$ |

Всего: $t_I = 1315 \cdot 10^{-4}$

- II. То же, что и в I, кроме в), вместо которого 1 см сцинтиллятора

$$t_{II} = 1090 \cdot 10^{-4}$$

- III. а) 20 м гелия
б) 15 ИК
в) 3 см сцинтиллятора

$$t = 40 \cdot 10^{-4}$$

$$t = 240 \cdot 10^{-4}$$

$$t = 675 \cdot 10^{-4}$$

$$t_{III} = 925 \cdot 10^{-4}$$

- IV. а) 20 м гелия
б) 15 ИК
в) 1 см сцинтиллятора

$$t = 40 \cdot 10^{-4}$$

$$t = 240 \cdot 10^{-4}$$

$$t = 225 \cdot 10^{-4}$$

$$t_{IV} = 505 \cdot 10^{-4}$$

Разрешения, получающиеся в этих случаях, сведены в таблицу

Таблица

	I	II	III	IV
$\Delta \theta_K$	$\frac{10,8 \text{ МэВ}}{\text{РК МэВ}}$	$\frac{9,8 \text{ МэВ}}{\text{РК МэВ}}$	$\frac{9 \text{ МэВ}}{\text{РК МэВ}}$	$\frac{6,7}{\text{РК МэВ}}$
$\Delta \rho_K / \rho_K$	0,87%	0,79%	0,72%	0,54%
$\Delta m_K / m_K$	0,31%	0,28%	0,225%	0,19%

П Р И Л О Ж Е Н И Е № 4

Система стабилизации чувствительности детектора электронов и система контроля экспериментальной аппаратуры с использованием ЭВМ типа ТРА.

Детектор электронов типа "Сэндвич" состоит из 4-х спектрометрических трактов, каждый из которых обслуживает четыре ФЭУ-65 [1]. Температурная и прочая нестабильность коэффициента усиления каждого ФЭУ-65 может достигать до 5%. Даже если пренебречь нестабильностью спектрометрического тракта, ясно, что необходима стабилизация чувствительности и коэффициента передачи спектрометрических трактов, включая фотоумножители. Для стабилизации будет использована ЭВМ ТРА, работа системы стабилизаций будет проходить в паузах между сбросами интенсивности ускорителя.

Кроме стабилизаций аппаратуры ЕД ТРА будет включена в систему контроля установки, что позволит осуществить оперативный контроль как во время хода эксперимента, так и в период наладки и проверки аппаратуры (подготовка к сеансу).

I. Блок-схема установки с участием ЭВМ т.БЭСМ-3М, ТРА и системы контроля аппаратуры.

Упрощенная блок-схема проведена на рис. I. Передача в ТРА информации с промежуточного регистра линии связи с БЭСМ-3М

(с буфера БЭСМ-ЗМ) осуществляется через четыре 12 - разрядные буфера ТРА. Команду на передачу соответствующей части 45 разр. слова даёт ТРА.

Список объектов, с которых может быть передана информация в ТРА следующей:

1. Служебная информация (тумблерный регистр ТР) (I слово 45 р.)
2. Показания датчиков магнитного поля (М) (I слово 45р)
3. Годоскоп (G) (I слово 45 р.)
4. Кодировщики (I слово 45 р.)
5. Пересчётные схемы (30 45 р - слов) (ис)

В ТРА передаётся также следующая оперативная информация:

1. Медленные ворота
2. Начало цикла ускорения
3. Начало и конец сброса
4. Вход и выход из прерывания БЭСМ-ЗМ.

Передача в ТРА с буфера БЭСМ-ЗМ начинается после выхода БЭСМ из прерывания.

Передача в цикле такая:

ТР М ис	}	I раз/цикл	В режиме " работе" и " контроль" I и II
G Код.	}	много раз в цикл	

Селекторное устройство контрольной системы позволяет связать устройства контроля (генератор световых диодов, генератор контрольных сигналов для проверки электроники , управление схемой ЕД в режиме стабилизации) с ТРА (управление от ТРА системой контроля).

II. Стабилизация аппаратуры детектора электронов. В качестве реперного сигнала предлагается использовать импульсный световой диод из SiC , установленный в световодах каждого фотумножителя. Все 16 световых диодов питаются от одного генератора импульсных сигналов с частотой повторения 100 гц. В одну паузу ускорителя проходит набор реперных сигналов для одного ФЭУ в каждом из 4-х спектрометрических трактов детектора электронов. Показания кодировщиков, относящиеся к реперным сигналам и переданные в ТРА, сравниваются с заранее заданными значениями, полученными в период калибровки спектрометрических трактов.

На рис.2 дана схема одного тракта.

Автоматические переключения в схеме спектрального тракта в период стабилизации следующие:

I. n -й цикл ускорителя

- а) Реле $\text{P1}+\text{P4}$ отключаются (управлением с ТРА);
- б) Подаётся контрольный (реперный) сигнал на вход сумматора ЛС для проверки электроники тракта;

в) Если контрольный отчёт кодировщика, полученный в результате проверки тракта, отклоняется от заданной (опорной) величины, то на сумматор подаётся потенциал (от ТРА), корректирующий К передачи тракта.

Процедура б), в) укладывается в одну паузу ускорителя.

2. ($n + 1$) цикл ускорителя (следующая пауза)

- а) включается реле Р1 на всех 4-х трактах;
- б) подаётся потенциал управления К пер ЛС (от ТРА) для изменения К передачи в период стабилизации трактов;
- в) включается генератор световых диодов;
- г) имитируется импульс логики запуска (селекторным устройством системы контроля);
- д) идёт набор (передача в ТРА) серий реперных отсчётов;
- е) программным образом определяется центр тяжести полученной линии (среднее значение), определяется отклонение от заданного (измеренного ранее) значения и вырабатывается сигнал ошибки, который корректирует коэффициент усиления соответствующего ФЭУ-65 посредством регулировки напряжения питания ФЭУ.

3. ($n + 2$) цикл ускорителя.

Повторяется процедура п.2 для ФЭУ-65 № 2 каждого тракта.

4. (N + 3) цикл
 -"- для ФЭУ-65 № 3
5. (N + 4) -"-
 -"- ФЭУ 65 № 4
6. (N + 5) цикл и т.д.

Повторяются процедуры, которые были в цикле № 12 и т.д.

Переключения, подача потенциалов и импульсов, которые необходимы в период стабилизации детектора электронов (которые перечислены в п. П I+6), прекращаются на период сброса интенсивности ускорителя.

III. Список режимов работы системы контроля

I. Режим " работа "

- а) Получение распределения срабатывания годоскопических счётчиков;
- б) Получение контрольных соотношений с помощью информации с ПС ;
- в) Получение спектра с детектора электронов в ходе эксперимента;
- г) Контроль за величиной магнитного поля.

2. Режим "Контроль"

а) Проверка электроники годоскопа и логика запуска с автоматическим обнаружением неисправностей;

б) Проверка годоскопа от пуска или от сигналов световых диодов (с получением К.З.С. по годоскопическим схемам 2СС100 и схемам ЕД);

в) Калибровка детектора электронов по световым диодам и на пучке.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.К.Бирулев и др. "Блок-схема установки для экспериментов с K^0 -мезонами в Серпухове". Депонированное сообщение Б2-13-4550.

ОТ ДЕТЕКТОРА ЭЛЕКТРОНОВ

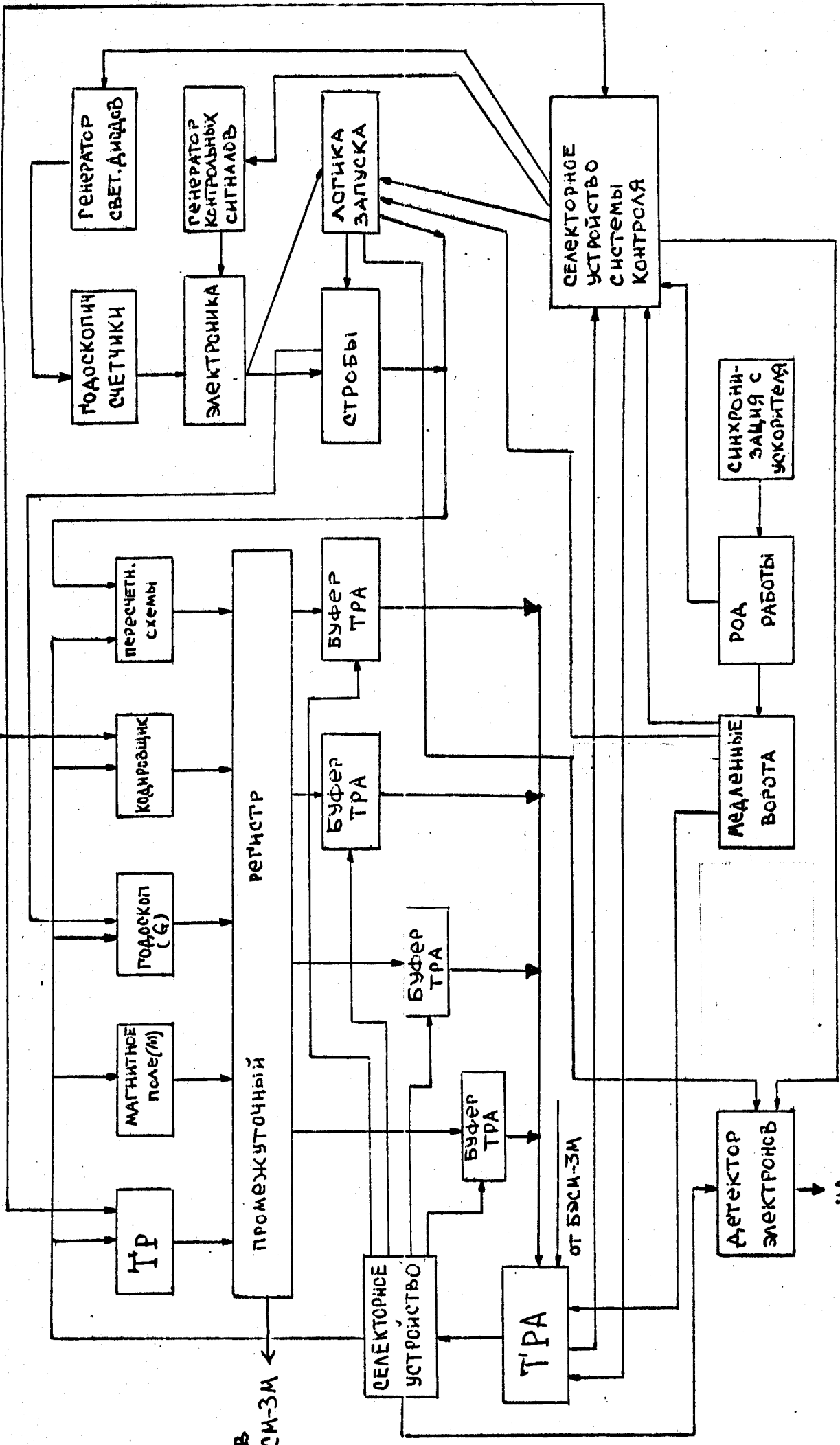


Рис. 1

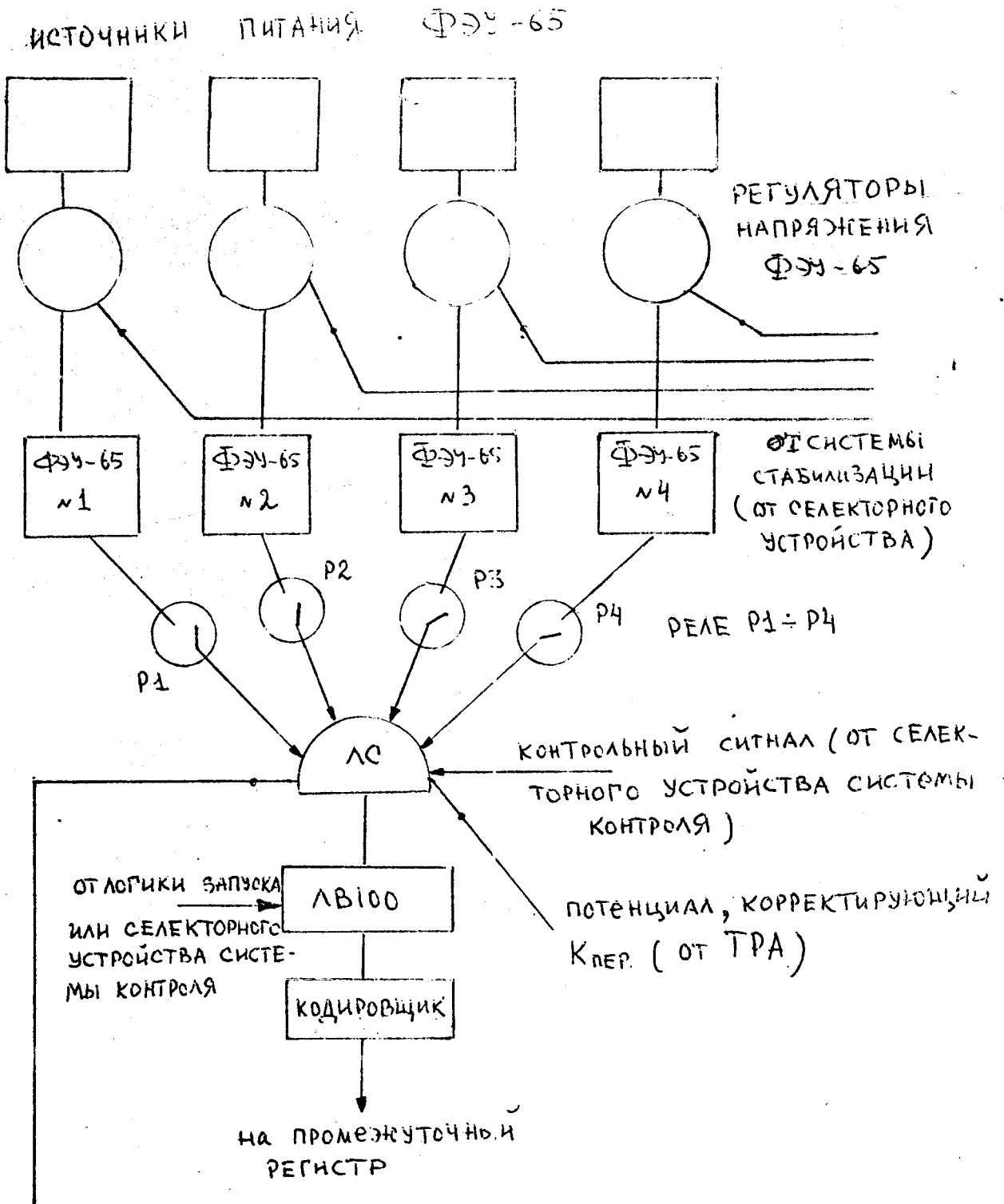


Рис. 2.