

С 344.1р
В-555

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3346/1-71

1 - 5978



К.П.Вишневская, Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев,
Ю.В.Тевзадзе

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

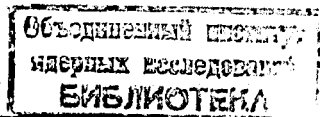
КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ
ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ Λ^0 - K^0 -ЧАСТИЦ
И γ -КВАНТОВ

1971

1 - 5978

К.П.Вишневская, Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев,
Ю.В.Тевзадзе *

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ
ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ Λ^0 - K^0 -ЧАСТИЦ
И γ -КВАНТОВ



* Тбилисский государственный университет.

В работе^{/1/} показано, что при высоких энергиях отделение друг от друга с помощью программ кинематической идентификации Λ^0 -, K^0 -частиц и пары e^+ , e^- от конверсии γ -квантов затруднено. Средний импульс частиц, рассматриваемых в этой работе, превышал 10 Гэв/с. Однако обусловленные механизмом взаимодействия импульсы Λ^0 -гиперонов, например, могут быть малыми даже при очень высоких энергиях взаимодействующих частиц. Этот факт может увеличить возможности разделения различных гипотез. В настоящей работе нами оценены вероятности кинематической идентификации указанных частиц при различных энергиях.

Все расчёты были проведены с помощью варианта программы ГЕОФИТ-1^{/2/} - ГЕОФИТ-2 и программы ФАРФОРС^{/3/}.

§1. Идентификация распадов Λ^0 -, K^0 -частиц и конверсии γ -квантов

Восстановление геометрической картины события в программе ГЕОФИТ-2 происходит точно так же, как в программе ГЕОФИТ-1. Краткое описание ГЕОФИТ-2 приведено в приложении. Кинематическая интерпретация событий распада Λ^0 -, K^0 -частиц и конверсии γ -квантов, а затем и события первоначального взаимодействия происходит (в программе ГЕОФИТ-2) с помощью минимизации функционала вида

$$\chi^2 = \sum_{i, j=1}^{3n} (a_i - a_{i_0}) G_{ij} (a_j - a_{j_0}) + \sum_{k=1}^L \lambda_k f_k(a, \gamma), \quad (1)$$

где a_{i_0}, a_{j_0} - измеренные, а a_i, a_j - искомые значения параметров, $G_{i,j}$ - элементы матрицы весов измеряемых параметров, γ - неизмеряемые параметры, n - число треков, λ_k - множители Лагранжа и L - число уравнений связи.

Программа ГЕОФИТ-2 работает по принципу "одновершинного" фитирования, т.е. элементы события - сначала V^0 -частицы и γ -кванты, затем "звезда" - идентифицируются последовательно.

При минимизации функционала (1) использовался метод исключения^{4/} неизвестных переменных γ из уравнений связи. В случае идентификации V^0 -частиц и γ -квантов исключался импульс P_0 этих частиц. При этом остаются три уравнения связи:

$$f_1 = p_0 \cos \beta_0 / Q \alpha_0 - \sum_{i=1}^2 p_i \cos \beta_i / Q \alpha_i, \quad (2)$$

$$f_2 = p_0 \sin \beta_0 / Q \alpha_0 - \sum_{i=1}^2 p_i \sin \beta_i / Q \alpha_i, \quad (3)$$

$$f_3 = p_0 \operatorname{tg} \alpha_0 / Q \alpha_0 - \sum_{i=1}^2 p_i \operatorname{tg} \alpha_i / Q \alpha_i, \quad (4)$$

где

$$p_0 = [(\sqrt{m_1^2 + p_1^2} + \sqrt{m_2^2 + p_2^2})^2 - m_0^2]^{1/2} \quad (5)$$

импульс частицы с массой m_0 , распадающейся на 2 другие частицы, имеющие массы и импульсы соответственно m_1, p_1 и m_2, p_2 ; α_0, α_i и β_0, β_i - соответственно угол наклона и азимутальный угол для распадающейся частицы (α_0, β_0) и продуктов распада (α_i, β_i); $Q \alpha_{0,i} = (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_{0,i})^{1/2}$. Направление нейтральной частицы определялось с помощью значений координат точек образования (X_A, Y_A, Z_A) и распада (или конверсии) (X_B, Y_B, Z_B) этой частицы.

$$\beta_0 = \arcsin((Y_B - Y_A) / r) = \arccos((X_B - X_A) / r), \quad (6)$$

где

$$r = ((X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2)^{1/2}, \quad (7)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = (Z_B - Z_A) / r.$$

Так же, как в работе^{/5/}, в случае конверсии γ -квантов при подсчёте ошибок в углах электрона и позитрона учитывалось среднеквадратичное значение угла поворота e^+ и e^- относительно первоначального направления полета γ -кванта

$$\langle Q \rangle = q(m_e / p_\gamma) \ln(p_\gamma / m_e), \quad (8)$$

где m_e , p_γ - масса электрона и импульс γ -кванта соответственно; q - величина, зависящая от массы ядра и энергии γ -кванта. Импульсы, получаемые ядрами отдачи при конверсии γ -квантов, не учитываются при написании законов сохранения.

Работа программы была опробована на идентификации распадов V^0 -частиц и конверсии γ -квантов, образовавшихся в π^-p -взаимодействиях при 2,75 Гэв/с в 2-метровой пропановой пузырьковой камере^{/6/}. Распределение вероятностей χ^2 для K^0 -мезонов, удовлетворительно описываемое теоретической кривой, приведено на рис. 1 а. Среднее значение $\overline{\chi^2} = 2,99 \pm 0,4$ совпадает с требуемой величиной, равной 3.

Для идентификации продуктов конверсии γ -квантов был использован также обобщенный метод^{/7/} минимизации функционала (1). В этом случае неизмеряемая переменная p_0 входит в уравнения связи, а значит, и в функционал (1) равноправно с измеряемыми. При этом уравнение (5) добавляется к (2)-(4) в качестве четвертого уравнения связи.

Распределение вероятности χ^2 для γ -квантов, образованных в π^-p -взаимодействиях при 2,75 Гэв/с, приведено на рис. 1б. Среднее значение $\overline{\chi^2} = 3,25 \pm 0,3$, что хорошо согласуется со значением $\overline{\chi^2} = 3$ для теоретического распределения.

§2. Идентификация "звезды"

После того, как идентифицированы все распады Λ^0 - и K^0 -частиц и конверсии γ -квантов, программа переходит к кинематической интерпретации всего взаимодействия в целом. Гипотезы, под которые происходит подгонка в случаях образования π^- , Λ^0 -, K^- , p^- , n^- , γ -частиц, конструируются в самой программе на основании законов сохранения зарядов и барионного числа. В тех случаях, когда образуется один или 2 γ -кванта,

предусмотрена возможность проверки гипотез, в которых считается, что эти γ -кванты образуются при распаде π^0 -мезона.

83. Возможности разделения различных гипотез (Λ^0, K^0, γ)

при кинематической идентификации "вилок"

1. Программа ГЕОФИТ-2 была отработана на идентификации моделированных распадов Λ^0 -, K^0 -частиц и конверсии γ -квантов. Генерировались распады этих частиц в широком интервале импульсов (от 1 Гэв/с до 40 Гэв/с) при разных значениях среднеквадратичных ошибок в импульсах и углах. Идентификация по программе ГЕОФИТ-2 моделированных распадов показала, что для реальных^{x/} гипотез получаются неискаженные χ^2 -распределения. В этом случае наблюдается также быстрая сходимость итерационного процесса, т.е. законы сохранения соблюдаются с высокой точностью уже на второй-третьей итерации.

2. Для выяснения вопроса разделения Λ^0 -, K^0 -частиц и γ -квантов были рассчитаны кривые вероятности (в%) отличить каждую из этих частиц от остальных в зависимости от их энергии (рис. 2). Λ^0 -, K^0 и γ подгонялись под кинематику частицы, обозначения которой на рисунках заключены в скобки. Каждая точка этих кривых получена на основании анализа 200-300 событий распада Λ^0 -, K^0 -частиц или конверсии γ -квантов. Как видно из рис. 2, Λ^0 -, K^0 -частицы и γ -кванты, имеющие импульсы больше 15 Гэв/с, по кинематике практически неразличимы между собой. K^0 -мезоны в 95% событий отличаются от Λ^0 -гиперонов и от γ -квантов вплоть до импульсов 10 Гэв/с. Результаты, приведенные на рис. 2, получены в предположении, что все импульсы заряженных частиц измерены с относительной точностью $(\frac{\Delta p}{p})=5\%$, а углы (азимутальный и угол наклона) имеют среднеквадратичные ошибки, равные соответственно $\langle \Delta \text{tg} \alpha \rangle = 0,0107$, $\langle \Delta \beta \rangle = 0,0042$ радиан. Изменение ошибок в углах и импульсах отражается на эффективности разделения частиц (рис. 3). Особенно сильно кривые разделения зависят от ошибок в определении углов (рис. 3б).

Дальнейшие заключения о разделении Λ^0 -, K^0 -частиц и γ -квантов можно получить в том случае, если использовать какую-нибудь дополни-

^{x/} "Реальной" мы называем ту гипотезу, которая совпадает с моделированным распадом.

тельную информацию относительно сечений рождения, вида импульсных распределений частиц, образующихся в конкретном взаимодействии, а также о способности регистрирующего прибора опознавать природу частиц.

Например, на основании данных, полученных при 16 Гэв/с^{18/}, можно предположить, что в π^-p -взаимодействиях при $E_{\pi^-} = 40$ Гэв/с более 90% всех Λ^0 -гиперонов будут иметь импульсы меньше $E_{\pi^-} = 13$ Гэв/с. В этом случае, если учесть, что Λ^0 - и K^0 -частиц в пропановой 2-метровой камере^{16/} будет зарегистрировано примерно одинаковое число, то все частицы, удовлетворяющие кинематике как Λ^0 , так и K^0 -частиц, можно отнести к группе Λ^0 -гиперонов. Число присчитанных к Λ^0 -гиперонам K^0 -мезонов при этом будет составлять (рис. 2,3) $\approx 10\%$. Далее, если отбирать "вилки" со следами, имеющими большую длину в камере ($l > 30$ см), то анализ тормозных потерь частиц распада позволяет отличать γ -кванты от V^0 -частиц в значительной части событий. Подвергать кинематической обработке на предмет отделения V^0 -частиц от γ -квантов придется лишь около 20% отобранных распадов.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность М.И. Соловьеву, Е.Н. Кладницкой, Х.Я. Супичакову, А.У. Абдурахимову за помощь и обсуждение результатов.

Приложение

В программу ГЕОФИТ-1 внесен ряд изменений, которые касаются в основном части программы, занимающейся кинематической интерпретацией всего события. Прежде всего, подпрограмма **LAGRG** переделана так, что теперь она может минимизировать функционал (1) на основе одного, двух, трех, четырех и пяти уравнений связи. Число уравнений связи задается числом **IFIT**, которое формируется на основании анализа признаков всего события (число V^0 -частиц и γ -квантов) в подпрограмме **HIPOTH**. Здесь же подбирается и гипотеза, соответствующая признакам частиц. Задание гипотезы может производиться и из числового материала, если значение переключателя **IQM(26) $\neq 0$** . Переборки ионизационных признаков частиц, а также формирование числового материала для каждой гипотезы (импульсов, углов и их ошибок) происходит в подпрограмме **KINFIT**.

Расчёты наборов уравнений связи и их производных по параметрам вынесены в отдельную подпрограмму **CONNECT**.

Направления V^0 -частиц и γ -квантов, а также импульсы этих частиц рассчитываются в подпрограмме **VOG**.

Литература

1. Е.Н. Кладницкая, В.Е. Комолова, А.А. Кузнецов, Нгуен Дин Ты и др. Сообщение ОИЯИ, 1-4468, Дубна, 1969, часть 1.
2. А.У. Абдурахимов, Нгуен Дин Ты, В.Н. Пенев. Сообщение ОИЯИ, 1-5140, Дубна, 1970.
3. Н. Ангелов, Г.И. Копылов, В.Н. Пенев и др. Сообщение ОИЯИ, 1-5449, Дубна, 1970.
4. J.P. Berge et al. UCRL-9097, 1960;
J.P. Berge, F.T. Solmitz, H.D. Taft. The Rev. of sc. instr., v. 32, N5 (1961).
5. Л.Н. Гердюков, П.В. Шляпников. Сообщение ОИЯИ, 2722, Дубна, 1966.
6. M.P. Balandin, N.G. Borisov, Wan-Yung-chang, R.P. Kukhareva, V.A. Moiseenko, V.I. Snyatkov, M.I. Soloviev, I.V. Chuvilo. N.I.M., 20, 110 (1963).
7. R. Bock. CERN 60-30 (1960); R. Bock, CERN 61-29 (1961).
8. J. Bartke, R. Budde et al. Nuovo Cim., v.24, N5 (1962).

Рукопись поступила в издательский отдел

4 августа 1971 года.

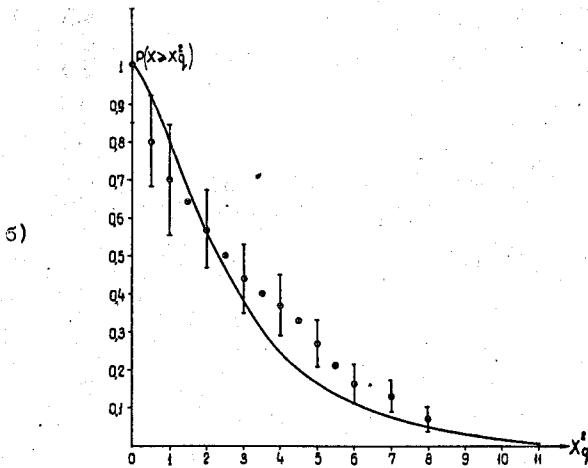
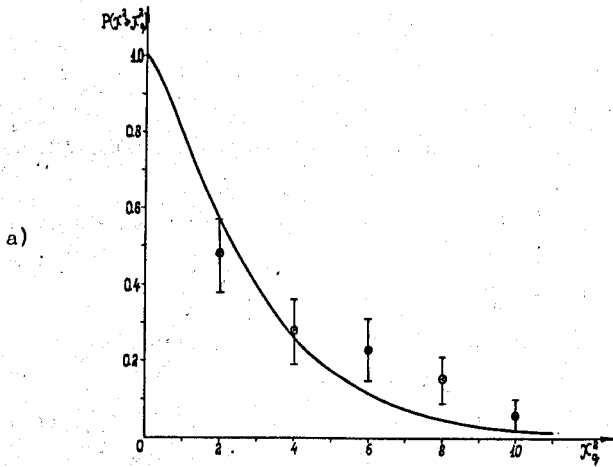


Рис. 1. Распределение вероятностей χ^2 для а) K^0 -мезонов; б) - γ -квантов.

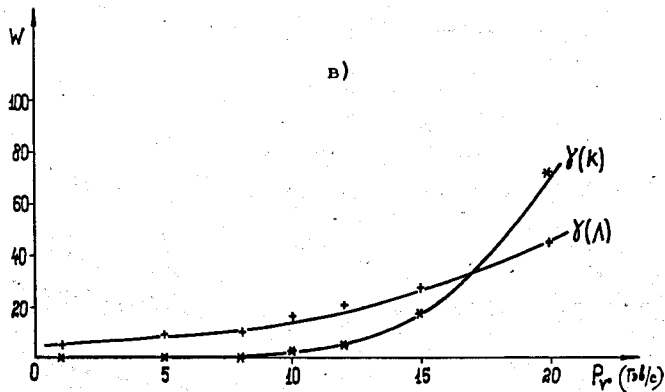
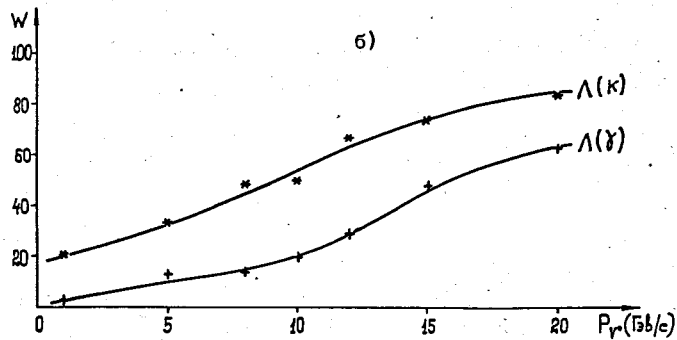
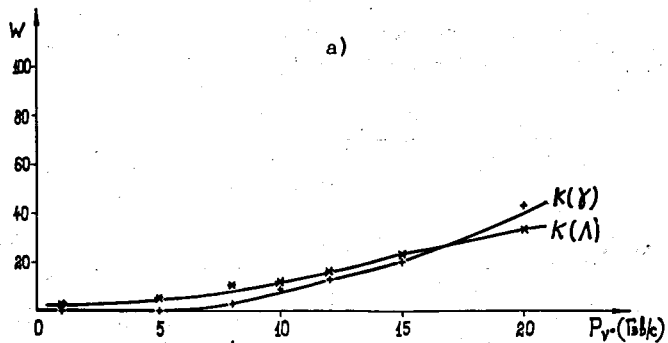


Рис.2. Зависимость вероятности неоднозначной идентификации частиц а) K^0 -мезонов, б) Λ^0 -гиперонов, в) γ -квантов в зависимости от импульса этих частиц. В скобках указаны альтернативные гипотезы. Среднеквадратичная ошибка в импульсах принята равной $(\frac{\Delta p}{p}) = 5\%$.

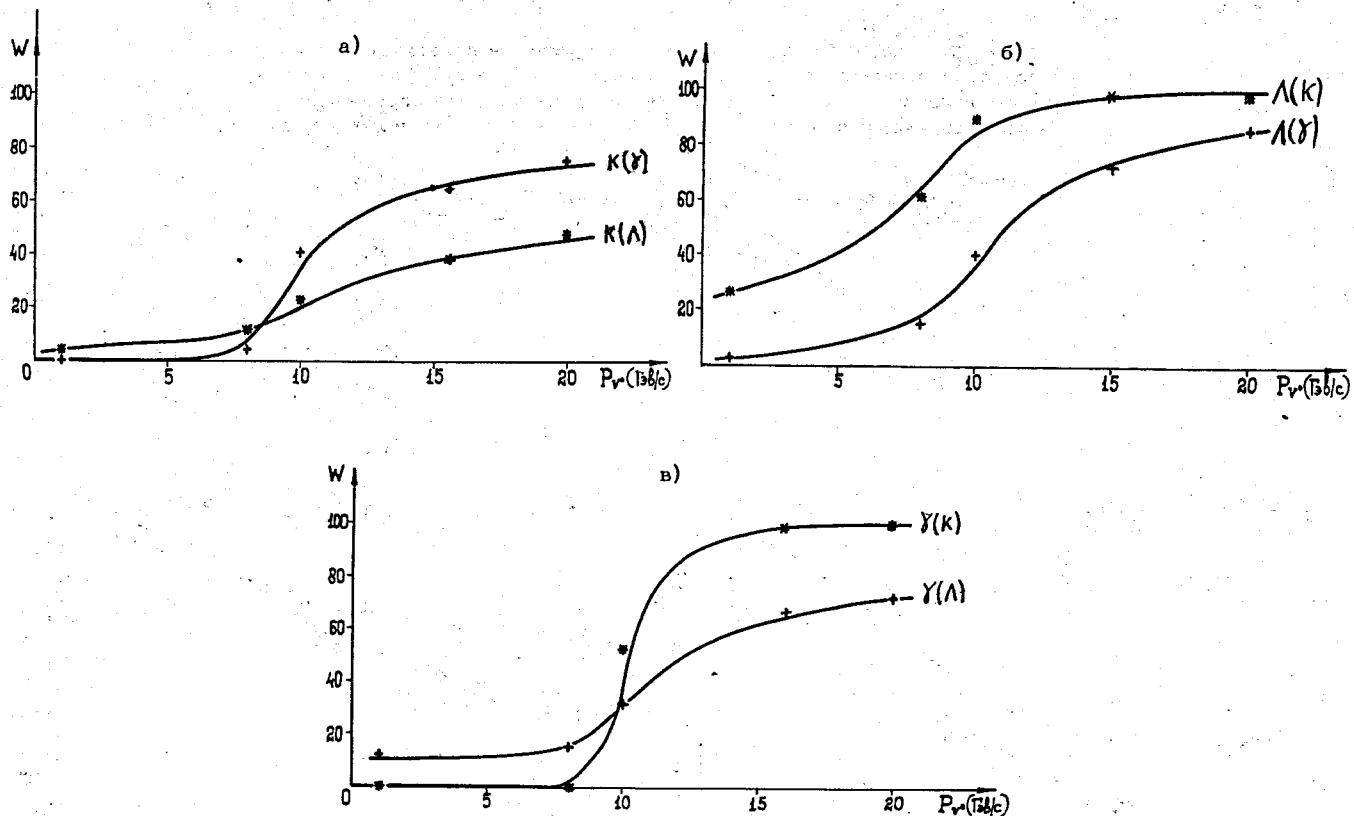


Рис. 3. То же, что и на рис. 2. Среднеквадратичная ошибка в импульсах всех частиц принята равной 10%.

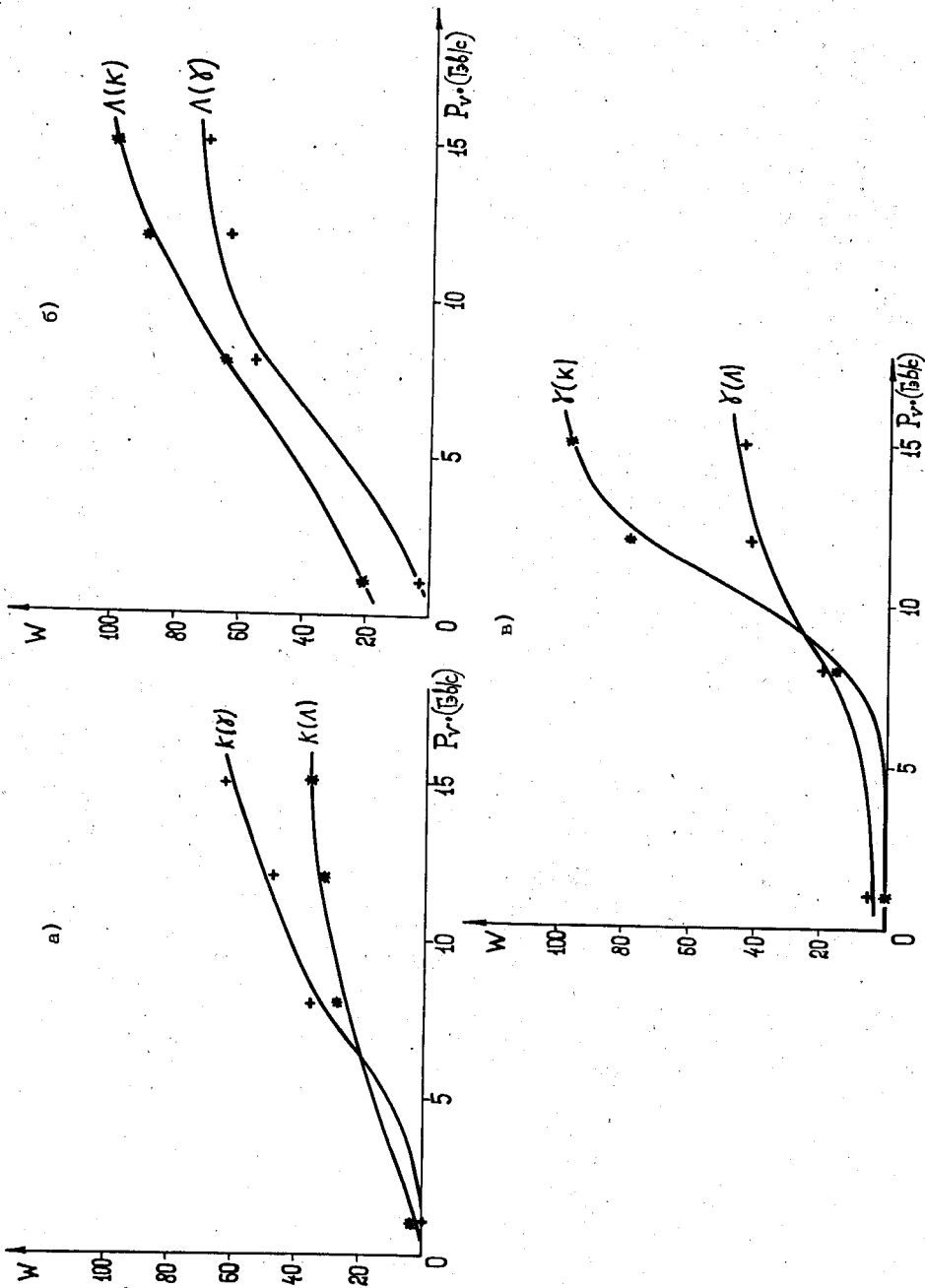


Рис. 4. То же, что и на рис. 2. Среднеквадратичная ошибка в угле наклона равна 0,0187 радиан.