

с 344.13

Л-651

3303

М.Ф. Лихачев

ГАЗОВЫЕ ЧЕРЕНКОВСКИЕ СЧЕТЧИКИ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
кандидат физико-математических наук
В.С. Ставинский

Дубна 1987

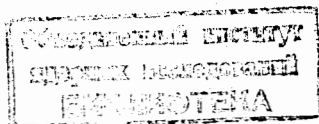
3303

М.Ф. Лихачев

ГАЗОВЫЕ ЧЕРЕНКОВСКИЕ СЧЕТЧИКИ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ

Аннотация диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
кандидат физико-математических наук
В.С. Ставинский



~~4532 69~~

В настоящее время газовые черенковские счетчики находят широкое применение в экспериментальной физике высоких энергий.

Разработка конструкций газовых черенковских счетчиков с целью их практического использования в экспериментальной физике высоких энергий, в частности, для выделения определенного сорта релятивистских заряженных частиц в несепарированных пучках синхрофазотрона ОИЯИ, мониторингования, измерения импульса частиц пучка и т.п. начались в ОИЯИ на заре развития газовых черенковских счетчиков^{/1/}.

В черенковских счетчиках используются основные свойства излучения Вавилова-Черенкова. Угол излучения θ , скорость заряженных частиц β и коэффициент преломления n для данной длины волны λ связаны соотношением:

$$\cos \theta = \frac{1}{n(\lambda)\beta}. \quad (1)$$

Поскольку в газовых черенковских счетчиках угол излучения мал, $n \approx \beta \approx 1$ и $\theta \approx \sin \theta \approx \text{tg } \theta$, постольку соотношение (1) можно записать в виде:

$$\theta^2 = n^2 - 1 - \frac{m^2}{p^2}, \quad (2)$$

где m - и p - масса и импульс частицы.

(Здесь и в дальнейшем скорость света в вакууме $C=1$).

Черенковские счетчики состоят из среды (радиатора), в которой образуется свет, оптической системы, собирающей его, фотоумножителей (ФЭУ), преобразующих свет в электрические импульсы, и электронной аппаратуры, регистрирующей эти импульсы.

Пороговые счетчики имеют оптические системы, чувствительные к свету, испущенному в довольно широком интервале, и регистрируют частицы, скорость которых больше некоторой пороговой величины β_t , определяемой из соотношения (1) при условии, что $\cos \theta = 1$:

$$\beta_t = \frac{1}{n_t}.$$

Дифференциальные счетчики регистрируют частицы, скорость которых β_c удовлетворяет условию $\beta_c > \beta_t$ и заключена в узком интервале от $\beta_c - \frac{1}{2} \Delta \beta$ до $\beta_c + \frac{1}{2} \Delta \beta$.

Связь $\Delta \theta$ с $\Delta \beta$ или разрешающую способность такого счетчика по скорости получим, продифференцировав соотношение (1):

$$\Delta \beta_c = \theta_c \Delta \theta_c. \quad (1)$$

Разрешающая способность дифференциального счетчика будет тем лучше, чем меньше угол, на который настроена оптическая система и чем уже ее область чувствительности.

Если известно, что частицы имеют определенный импульс, то разрешение по скорости легко перевести в разрешение по массе

$$\Delta \beta = - \frac{m^2}{p^2} \frac{\Delta m}{m}. \quad (4)$$

Селективные свойства черенковских счетчиков с газовыми радиаторами сохраняются вплоть до сверхвысоких энергий. Действительно, коэффициент преломления газа в принципе можно сделать сколь угодно близким к единице и, следовательно, при любой энергии использовать пороговые свойства излучения Вавилова-Черенкова.

С другой стороны, из соотношения (3) следует, что $\Delta \theta \gg \Delta \beta$, т.е. изменение угла значительно больше изменения скорости. Поэтому даже при малой разнице в скоростях можно настроить оптическую систему на определенный угол и регистрировать частицы с определенной массой, если только образуется достаточное количество света.

Газовые среды в черенковских счетчиках обладают важным преимуществом по сравнению с твердыми и жидкими. Коэффициент преломления в газе зависит от плотности, которая изменяется в зависимости от давления и температуры. Это позволяет настраивать газовые счетчики в некотором интервале скоростей изменением газа или давления газа в счетчике. Связь коэффициента преломления с плотностью выражается известным законом Лорентц-Лоренца:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{R \rho}{M}, \quad (5)$$

который в случае газов можно приближенно записать в виде:

$$n^2 - 1 = \frac{3 R \rho}{M} = D \rho, \quad (6)$$

где ρ - и M - плотность и молекулярный вес газа, R - константа для данного газа, называемая молекулярной рефракцией.

Поскольку в газовых черенковских счетчиках непосредственно используются специфические свойства излучения Вавилова-Черенкова, можно выделить наиболее важные общие функции, которые могут выполнять такие счетчики в различных экспериментах на современных ускорителях:

- 1) быстрый счет заряженных частиц ($10^6 - 10^8$) част/сек;
- 2) выделение релятивистских частиц с определенной массой или определенными массами на фоне (в том числе и интенсивном фоне) частиц с разными массами, обладающими одинаковыми импульсами;
- 3) селекцию скоростей, т.е. регистрацию таких частиц, скорость которых заключена в некотором интервале;
- 4) селекцию направления, т.е. регистрацию таких частиц, которые проходят через счетчик в определенном направлении в пределах определенного телесного угла;
- 5) выделение определенных взаимодействий релятивистских частиц с веществом (или свойств этих частиц) на фоне других взаимодействий, часто с последующим управлением, подачей команды на другие физические приборы, например, искровые камеры и т.п. и подачей информации со счетчиков на счетные, амплитудные, временные анализирующие устройства и вычислительные машины.

В диссертации описаны конструкции дифференциальных и пороговых газовых черенковских счетчиков, разработанных в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, их характеристики, а также обобщен многолетний опыт их использования в различных физических экспериментах, выполненных на синхрофазотроне на 10 Гэв /2-10/ группой сотрудников в составе А.С. Вовенко, А.С. Грачева, Б.Н. Гуськова, Т. Добровольского, Б.А. Кулакова, А.Л. Любимова, Ю.А. Матуленко, И.А. Савина, Е.В. Смирнова, В.С. Ставинского, Сюй Юйи-чана, Хе Юань-фу, Чжан Най-сея и автора. Основные результаты диссертации опубликованы в работах /4,11,12/.

Диссертация состоит из трех глав и приложения.

В первой главе рассмотрены основные положения теории газовых дифференциальных и пороговых черенковских счетчиков. Проанализированы следующие физические причины, влияющие на форму кривой эффективности и, следовательно, на разрешающую способность счетчиков:

- размытие изображения частиц вследствие аббераций оптической системы;
- дисперсия показателя преломления газа-радиатора;
- дифракция и многократное рассеяние;
- разброс первичного пучка частиц по импульсу;
- флуктуации в ионизационных потерях;
- замедление частиц в радиаторе;
- многократное рассеяние частиц в передней стенке счетчика;
- непараллельность пучка частиц, падающих на счетчик;
- кольцевая диафрагма и светособирающая система.

Проанализированы следующие причины, определяющие фон в газовых черенковских счетчиках: дельта электроны; ядерное взаимодействие частиц; многократное рассеяние частиц на большие углы; рассеяние света из-за флуктуаций плотности газа-радиатора; потери энергии частиц при столкновении с атомными электронами; тормозное излучение; сцинтилляции газа; шумы ФЭУ и регистрация импульсов от непучковых частиц.

Обсуждаются общие требования к радиаторам газовых черенковских счетчиков.

Перечислены газы, наиболее подходящие для использования в счетчиках, и даны их характеристики.

Рассмотрена возможность определения среднего импульса частиц пучка по порогу излучения Вавилова-Черенкова.

Описывается также метод и установка для отбора ФЭУ для пороговых черенковских счетчиков.

Во второй главе описаны конструкции и приведены характеристики газовых дифференциальных и пороговых счетчиков, разработанных в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Схемы конструкций газовых черенковских счетчиков показаны на рис. 1, 2 и 3.

Характеристики дифференциальных черенковских счетчиков, в которых излучение Вавилова-Черенкова распределяется на несколько ФЭУ, приведены в таблице 1.

Рассмотрены конструктивные особенности дифференциального счетчика ДС2. Приведены результаты исследования характеристик счетчиков ДС1 на пучке положительных частиц синхрофазотрона ОИЯИ с импульсом 4,75 Гэв/с, характеристики счетчиков ДС2, 1С1 и 2С1 на пучке положительных частиц с импульсом 3,19 Гэв/с и характеристики счетчиков 1С1 и 3С1 на пучке положительных частиц с импульсом около 4 Гэв/с.

На рис. 4 приведены кривые эффективности счетчика 1С1 в зависимости от давления в нем азота при температуре 25°C. Импульс положительных частиц пучка равен 4,12 Гэв/с ± 1%. По оси абсцисс отложено давление азота в счетчике. По оси ординат - отношения скорости счетов

$$\xi = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + 1DC2 + 1C1 - SK}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + 1DC2 - SK}$$

$$\xi_1 = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + 1DC2 + 1C1}{S_1 + S_2 + S_3 + 1DC2},$$

а также

$$1 - \xi \quad 1 - \xi_1$$

ТАБЛИЦА I

I	2	3	4	5	6	7		
1. Тип счетчика	ДС2	1ДС2	2ДС2	2ДС3-2ДС4	3ДС3	3ДС4	4ДС3	4ДС4
2. Число ФЭУ (\bar{n})	2	2	2	3	4	4	3	4
3. Максимальная длина счетчика (см.)	162	144	165	165	165	210	210	360
4. Вес счетчика без подставки-фермы (кг)	65	60	100	105	110	110	125	160
5. Фокусное расстояние объекта (см)	105,6	105,6	100	100	100	150	150	300
6. Диаметр апертурной диафрагмы (см)	16	16	19,8	19,8	19,8	26	26	26
7. Фокусное расстояние параболических зеркал (см)	4,5	4,5	6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
8. Расстояние от фокуса параболических зеркал до оси счетчика (см)	12	12	15	15	15	15	15	15
9. Максимальная ширина щели кольцевой диафрагмы (см)	-	2	3	3	3	3,5	3,5	1
10. Угол, на который можно настроить счетчик								
θ_{max} · 10 ³ максимальный	66,5	75	75	75	75	65	65	38
минимальный	66,5	58	45	45	52	40	49	35

I	2	3	4	5	6	7		
11. Максимальный оптимальный диаметр пучка частиц (см)	6	6	8	6	4	10	8	5
12. Разреженная способность счетчика по скорости								
максимальная (радиатор азот)	1,3 · 10 ⁻³	6 · 10 ⁻⁵	4 · 10 ⁻⁵	(4+5) · 10 ⁻⁵	(3+4,5) · 10 ⁻⁵	2,2 · 10 ⁻⁵		
13. Максимальное рабочее давление (кг/см ²)	40	40	20	20	20	15	15	15

Расположение аппаратуры на пучке положительных частиц показано на рис.5.

При давлениях азота в счетчике IC1 ≤ 2 кг/см², т.е. при давлениях ниже порога излучения π^+ -мезонов с импульсом 4,12 Гэв/с, счет обусловлен, в основном, примесью мюонов и электронов в мониторе и случайными совпадениями шумовых импульсов ФЭУ счетчика IC1 с мониторными.

Из рис. 4 видно, что $\xi_1(P)$ в районе давлений $> 4,5$ кг/см² постоянна и равна $\sim 0,98$. Это обусловлено, в основном, регистрацией монитором слишком медленных частиц и случайными отсчетами в мониторе.

В случае кривой $\xi(P)$ из монитора выброшены слишком медленные частицы при помощи магнитного спектрометра и случайные совпадения при помощи большого сцинтилляционного счетчика SK с "дыркой" по пучку, включенного на антисовпадения.

Из рис. 4 видно, что $-\ln\{1 - \xi(P)\}$ есть линейная функция давления в интервале $\xi \approx 10^{-2} - 0,999$.

Эти экспериментальные данные, а также другие контрольные эксперименты, которые описаны в третьей главе диссертации, позволили использовать счетчик IC1 для измерения среднего импульса пучков π^+ -мезонов непосредственно при проведении опытов по измерению дифференциальных сечений упругого π^+p -рассеяния назад /8,10/.

В третьей главе описаны примеры использования газовых черенковских счетчиков в экспериментах по изучению структуры в упругом π^+p -рассеянии назад /10/, выделение и мониторингирование π^+ -мезонов в интервале импульсов 2,05-4,72 Гэв/с и измерение средних импульсов частиц пучка черенковскими счетчиками.

На рис. 6 показана эффективность регистрации положительных частиц с импульсом 4,12 Гэв/с $\pm 1\%$ счетчиком IC2 в зависимости от давления в нем этилена при температуре 25°C для различных мониторов.

Разброс частиц в пучке по углу равен ± 5 мрад. Доля протонов в пучке равна $\sim 60\%$. Расположение счетчиков на пучке показано на рис. 5.

В таблице 2 приведены результаты измерений средних импульсов π^+ -мезонов, полученные при помощи счетчика IC1 (рис. 7 и 8).

В окончательные результаты внесена поправка плюс (10 ± 1) Мэв/с. Эта поправка учитывает потери импульса на ионизацию в жидком водороде ($l = 25$ см),

Т а б л и ц а 2.

Газ в счетчике IC1	Средний импульс частиц π^+ - мезонов в середине жидководородной мишени /10/ Гэв/с								
	I	2	3	4	5	6	7	8	9
Этилен	2,056 $\pm 0,015$	2,256 $\pm 0,015$	2,554 $\pm 0,019$	2,794 $\pm 0,018$	2,949 $\pm 0,020$	3,203 $\pm 0,022$	3,453 $\pm 0,025$	3,666 $\pm 0,026$	3,828 $\pm 0,034$
Азот	4,05 $\pm 0,03$	4,36 $\pm 0,04$	4,54 $\pm 0,04$	4,72 $\pm 0,05$					3,843 $\pm 0,027$

в воздухе между мишенью и счетчиком 1C1, в передней стенке счетчика и в стенке мишени.

В третьей главе также приведены результаты измерения полных сечений π^+ - взаимодействия в интервале импульсов 2,69-4,75 Гэв/с^{1/4}.

Эксперимент проведен на пучках положительных частиц. На рис. 9 показано расположение аппаратуры на пучке. Выделение и мониторинг падающих на жидководородную мишень $(H_2)\pi^+$ - мезонов осуществлялось газовым пороговым черенковским счетчиком (П-1C1) и сцинтилляционными счетчиками S_1 (6 9 см), S_2 (6 9 см) и S_3 (6 8 см), включенными на совпадения. Сцинтилляционный счетчик S_7 , расположенный за свинцовым поглотителем (60 см), включался на антисовпадения с мониторными, чтобы исключить μ - мезоны из пучка. Сцинтилляционные счетчики S_4 и S_5 (6 14,5 см) и S_6 (6 18 см) вместе с мониторными регистрировали π^+ - мезоны, прошедшие водородную мишень (11,7 ± 0,06) г/см² без взаимодействия. Счетчики S_3 , S_6 и S_4 вырезали из центра мишени телесные углы 1,89; 2,28 и 3,95 мстерад, соответственно.

Средний импульс падающих на жидководородную мишень π^+ - мезонов определялся при помощи магнита (M), предварительно проградуированного методом токонесущей нити и газовыми черенковскими счетчиками ДС и 1C1. Средние значения импульсов, найденные этими двумя методами, совпадают друг с другом в пределах погрешностей измерения. Результаты приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Средний импульс Гэв/с в центре H_2	2,69	3,14	3,46	3,70	4,36	4,75
Ошибка в определении среднего импульса	± 1,8%	± 1,2%	± 1,5%	± 1,1%	± 0,8%	± 0,9%

Разброс пучка по импульсу не превышал ±2%. Он складывался из разброса частиц по импульсу, определявшегося:

1) конечным временем сброса протонов на медные мишени T_1 и T_2 , которое колебалось от 50 до 100 мсек, при одновременном росте магнитного поля в ускорителе;

2) конечной апертурой магнитной анализирующей системы, состоящей из магнита (M) и двух квадрупольных линз (Q);

3) ионизационными потерями в жидководородной мишени (±25 Мэв/с).

Пучок положительных частиц магнитным полем ускорителя и квадрупольными линзами фокусировался в центр жидководородной мишени. Размеры пучка определялись сцинтилляционным телескопом (S_1, S_2, S_3). Угловая расходимость пучка была не выше 15 мрад.

В таблице 4 приведены результаты измерений полных сечений π^+ взаимодействия, полученные линейной экстраполяцией в нулевой телесный угол.

Т а б л и ц а 4

Импульс пионов в лаб. системе	Гэв/с					
	2,69	3,14	3,46	3,70	4,35	4,75
± 0,06	± 0,06	± 0,07	± 0,08	± 0,09	± 0,10	
	29,3	29,6	29,3	28,4	26,1	27,4
$\sigma_{tot.}$ мб	± 0,5	± 0,4	± 0,4	± 0,4	± 0,9	± 0,5

Для каждого импульса измерения производились последовательными сериями "водород-макет". Ошибки в величинах $\sigma_{tot.}(\pi^+p)$, приведенные в таблице 4, включают: а) статистические, которые не превосходили ±0,25 мб, в) ошибки, обусловленные экстраполяцией сечений в нулевой телесный угол, с) ошибки в поправке на кулоновское рассеяние. Ошибки, обусловленные загрязнением π^+ - мезонов пучка другими частицами и случайными совпадениями, пренебрежимо малы. Поправка на кулоновское рассеяние была измерена для импульсов 4,75; 4,35; 3,70 и 3,14 Гэв/с (водородная мишень заменялась эквивалентной по толщине в радиационных единицах свинцовой пластинкой). Эта поправка практически не зависит от импульса π^+ - мезонов и приблизительно равна нулю для

телесных углов 3,95 и 2,28 мстерад и равна $(0,43 \pm 0,10)$ мб для 1,89 мстерад.

Из сравнения результатов, приведенных в таблице 4, с данными Лонго и Мойера^{/13/} и Дардела др.^{/14/} следует:

1) экспериментальные данные находятся в удовлетворительном согласии друг с другом;

2) данные указывают на нерегулярное поведение полного сечения $\pi^+ p$ взаимодействия в интервале импульсов 2-4 Гэв/с;

В связи с этим отмечено, что исследование характера асимптотического поведения $\sigma_{tot}(\pi^+ p)$ справедливо для импульсов > 4 Гэв/с.

В последующих тщательных измерениях $\sigma_{tot}(\pi^+ p)$, проведенных Диденсом и др.^{/15/} (1963 г.) и Цитроном и др.^{/16/} (1964 г.), был обнаружен резонанс в этой области.

Для иллюстрации на рис. 10 приведены суммарные экспериментальные данные по поведению полных сечений взаимодействия $\sigma_{tot}(\pi^+ p)$ в зависимости от кинетической энергии π^+ -мезонов в интервале от 0,5 до 7 Гэв. (Рис. 10 взят из работы^{/17/}).

В приложении приведен справочный материал, фотографии черенковских счетчиков и светособирающих систем для дифференциальных газовых черенковских счетчиков.

Краткие выводы

Из рассмотренных общих принципов, на которых основана работа черенковских счетчиков, следует, что в области высоких энергий перспективным направлением является разработка черенковских счетчиков с газовым радиатором.

Описанные в диссертации газовые дифференциальные черенковские счетчики характеризуются разрешающей способностью по скорости (полная ширина на полувысоте)

$$\Delta\beta = 2,2 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$$

Это обеспечивает (в пучках частиц с определенным импульсом) выделение π -мезонов или K -мезонов или протонов (антипротонов) в интервале импульсов (1-50) Гэв/с, (3-50) Гэв/с и (5-50) Гэв/с, соответственно.

Описанные в диссертации газовые пороговые черенковские счетчики обладают разрешающей способностью по скорости до $\Delta\beta = 10^{-4}$ и максимальной эффективностью регистрации $\sim 0,9998$, что позволяет при использовании их в режиме антисовпадений подавить регистрацию легких (π, μ, e) частиц в ~ 5000 раз.

Предложенные конструкции газовых черенковских счетчиков несложны в изготовлении и удобны в эксплуатации.

Таким образом, газовые черенковские счетчики полностью обеспечили решение ряда физических задач, выполненных на синхрофазотроне ОИЯИ.

2. При помощи описанных в диссертации газовых черенковских счетчиков на синхрофазотроне ОИЯИ были получены экспериментальные данные в том числе:

а) о дифференциальных сечениях упругого рассеяния π^+ -мезонов на протонах на угол 180° при импульсах π^+ -мезонов 3,15; 4,10 и 4,85 Гэв/с;

б) о структуре в упругом рассеянии π^+ -мезонов на протонах на угол 180° в интервале импульсов π -мезонов (2,05-4,70) Гэв/с;

в) о полных сечениях взаимодействия K^+ и π^+ -мезонов на протонах в интервале импульсов 2,69-4,75 Гэв/с.

Л и т е р а т у р а

1. А.С. Вовенко, Б.А. Кулаков, М.Ф. Лихачев, Ю.А. Матуленко, И.А. Савин, В.С. Ставинский, УФН, 81, 454-508 (1963).
2. Chzan Nai-sen, Sul Yulin-chan, M.F. Likhachev, V.S. Stavinsky, Proc. of the 1960 Ann. Intern. Conf. on High Energy Physics at Rochester, p. 444 (1960).
М.Ф. Лихачев, В.С. Ставинский, Сюй Юйнь-чань, Чжан Най-сень, ЖЭТФ, 41, 38 (1961).
3. А.С. Вовенко, Б.А. Кулаков, М.Ф. Лихачев, А.Л. Лхбимов, Ю.А. Матуленко, И.А. Савин, Е.В. Смирнов, В.С. Ставинский, Сюй Юйнь-чан, Чжан Най-сень, Препринт ОИЯИ Д-721 (1961).
4. A.S. Vovenko, B.A. Kulakov, M.F. Likhachev, Yu.A. Matulenko, I.A. Savin, E.V. Smirnov and V.S. Stavinsky, 1962 Intern. Conf. on High-Energy Physics at CERN, p. 385, Geneva, 1962.
5. B.A. Kulakov, M.F. Likhachev, A.L. Lyubimov, Yu.A. Matulenko, I.A. Savin and V.S. Stavinsky, 1962 Intern. Conf. on High-Energy Physics at CERN, p. 584, Geneva, 1962.

6. М.Ф. Лихачев, В.С. Ставинский, Препринт ОИЯИ Р-2423, Дубна 1965.
7. И.А. Савин, А.С. Вовенко, Б.Н. Гуськов, М.Ф. Лихачев, А.Л. Любимов, Ю.А. Матуленко, В.С. Ставинский, Сюй Юй-чан. Препринт ОИЯИ Р-2127, Дубна 1965. Phys.Lett., 17, 68, (1965).
8. А.С. Вовенко, Б.Н. Гуськов, М.Ф. Лихачев, А.Л. Любимов, Ю.А. Матуленко, В.С. Ставинский. Препринт ОИЯИ Р-2327, Дубна 1965; ЖЭТФ, Письма в редакцию, т. II, вып. 9, 409 (1965).
9. А.С. Вовенко, А.Г. Грачев, М.Ф. Лихачев, Ю.А. Матуленко, И.А. Савин, Сюй Юй-чан, Хе Юань-фу. ЯФ, 1, 681 (1965).
10. А.С. Вовенко, Б.Н. Гуськов, Т. Добровольский, М.Ф. Лихачев, А.Л. Любимов, Ю.А. Матуленко, В.С. Ставинский. Препринт ОИЯИ Р1-3008, Дубна 1966. Phys.Lett., 24B, 203, (1967)
11. M.F.Likhatchev, V.S.Stavinsky Nucl.Instr. and Meth. 20, 261 (1963).
12. М.Ф. Лихачев, И.А. Савин, В.С. Ставинский. Препринт ОИЯИ Р-2528, Дубна 1965.
13. H.J.Longo and B.J.Moyer, Phys. Rev., 125, 701 (1962).
14. G.von Dardel et al. Phys. Rev.Lett., 7, 127 (1961).
15. A.N.Diddens et al, Phys.Rev.Lett., 10, 262 1963.
16. A.Citron et al. Phys.Rev.Lett., 13, 205, (1964).
17. M.N.Focacci and G.Giacomelli, 66-18, Nucl.Phys.Divis,CERN, (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел
25 апреля 1967 г.

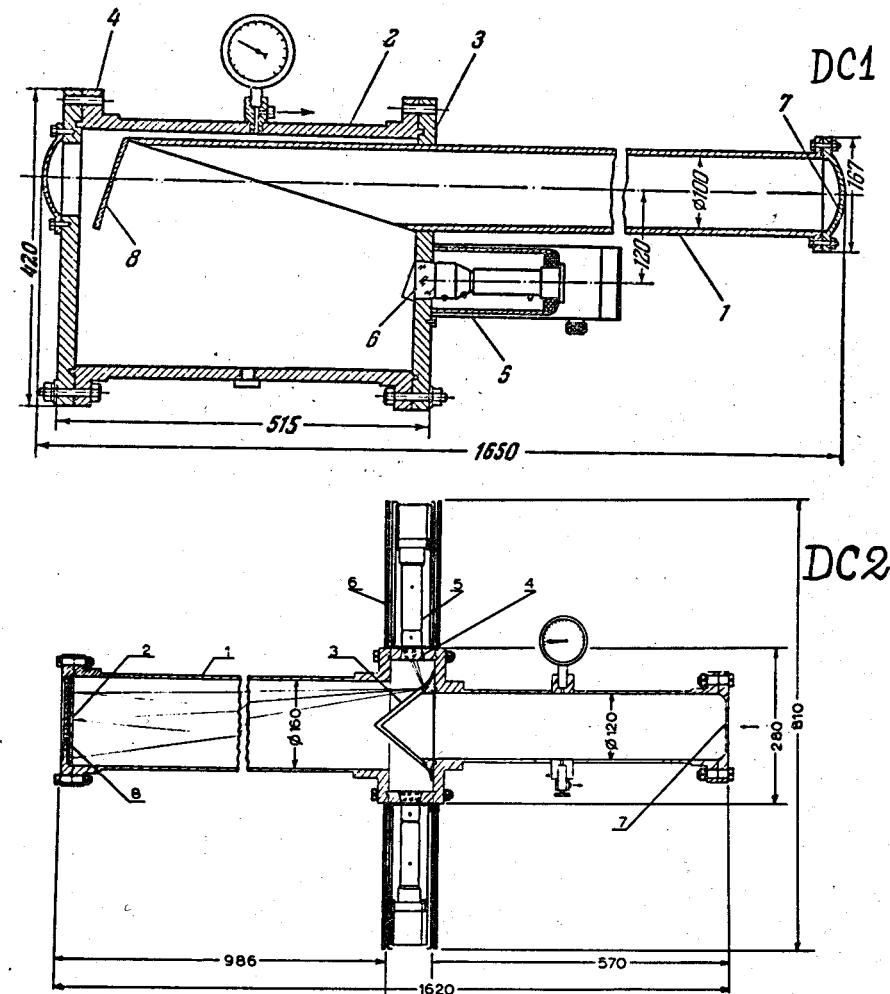


Рис. 1. Схемы конструкций дифференциальных газовых черенковских счетчиков:

ДС1: 1 - стальная труба; 2 - корпус счетчика; 3, 4 - фланцы; 5 - ФЭУ-24; 6 - плексигласовое окно; 7 - полусферические крышки из нержавеющей стали 1 мм; 8 - сферическое зеркало ($f = 40$ см).

ДС2: 1 - дюралюминиевый корпус; 2 - сферическое алюминированное зеркало; 3 - параболические зеркала; 4 - кварцевые окна; 5 - фотоумножители ФЭУ-33; 6 - магнитный экран; 7, 8 - дюралюминиевые фланцы толщиной 5 мм.

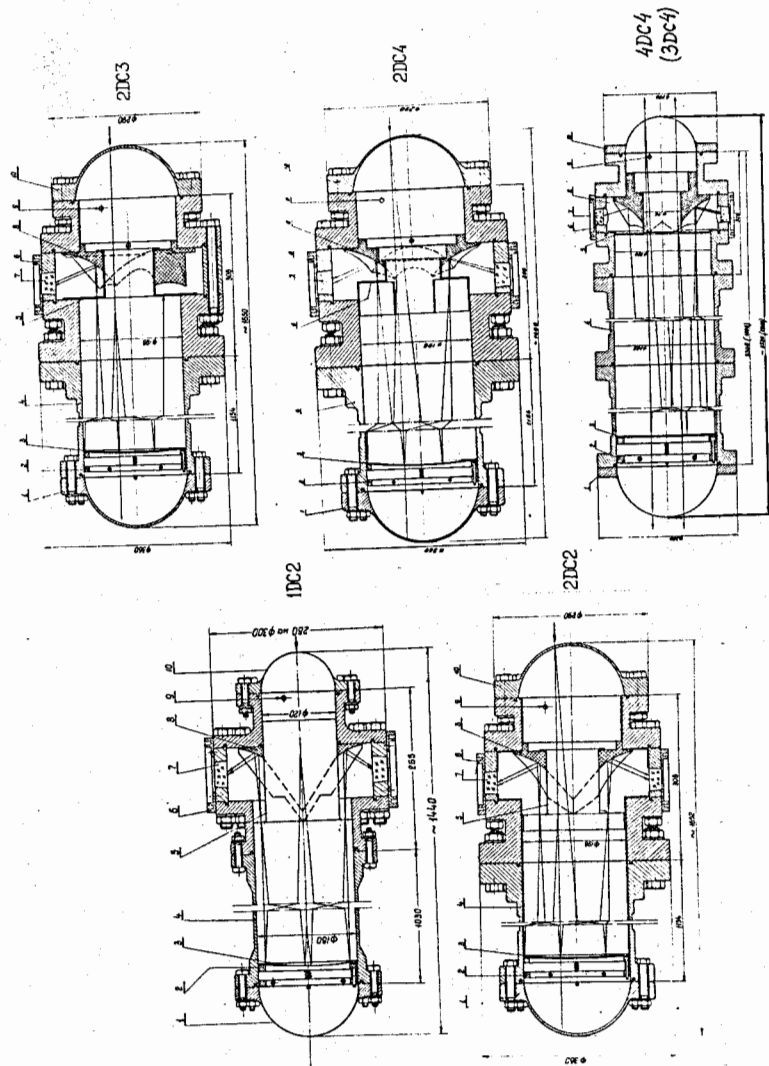


Рис. 2. Схемы конструкций дифференциальных газовых черенковских счетчиков:
 1ДС2-4ДС4: 1, 10 - фланцы и крышки счетчика; 2 - приспособление для крепления и юстировки сферического зеркала; 3 - сферическое алюминированное зеркало; 4 - диэлектрический корпус; 5 - диафрагма; 6 - приспособление для крепления кожуха ФЭУ; 7 - кварцевое окно; 8 - параболы для наполнения счетчика газом; 9 - отверстия для наполнения счетчика газом.

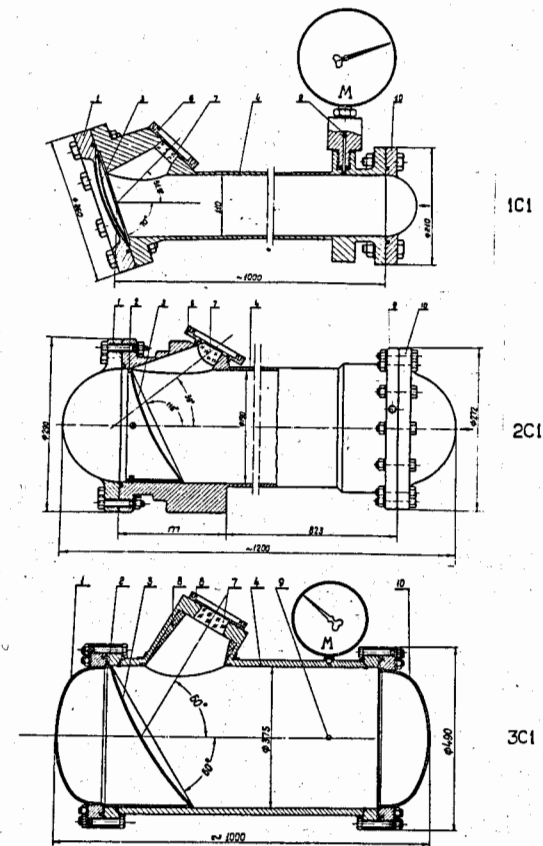


Рис. 3. Схемы конструкций пороговых газовых черенковских счетчиков.
 1, 10 - фланцы и крышки счетчика; 2 - приспособление для крепления сферического зеркала; 3 - сферическое зеркало; 4 - корпус; 5 - приспособление для крепления кожуха ФЭУ; 7 - окно; 8 - алюминированный отражатель; 9 - отверстие для наполнения счетчика газом. М - образцовый манометр. 1С1 и 2С1 - изготовлены из дюралюминия, внутренняя поверхность отполирована под зеркало, 3С1 - стальной.

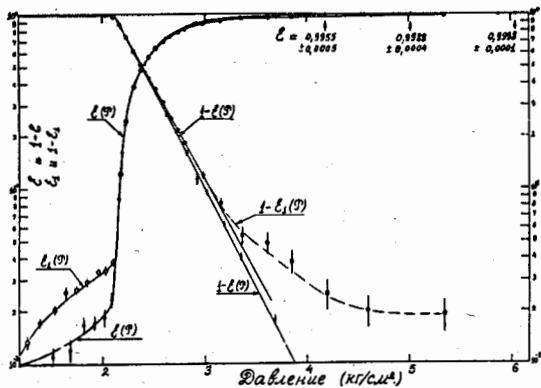


Рис. 4. Эффективность счетчика IC1 в зависимости от давления в нем азота.

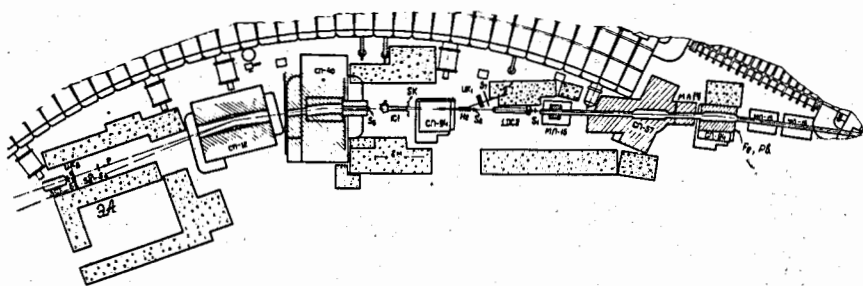


Рис. 5. Расположение аппаратуры на пучке положительных частиц.

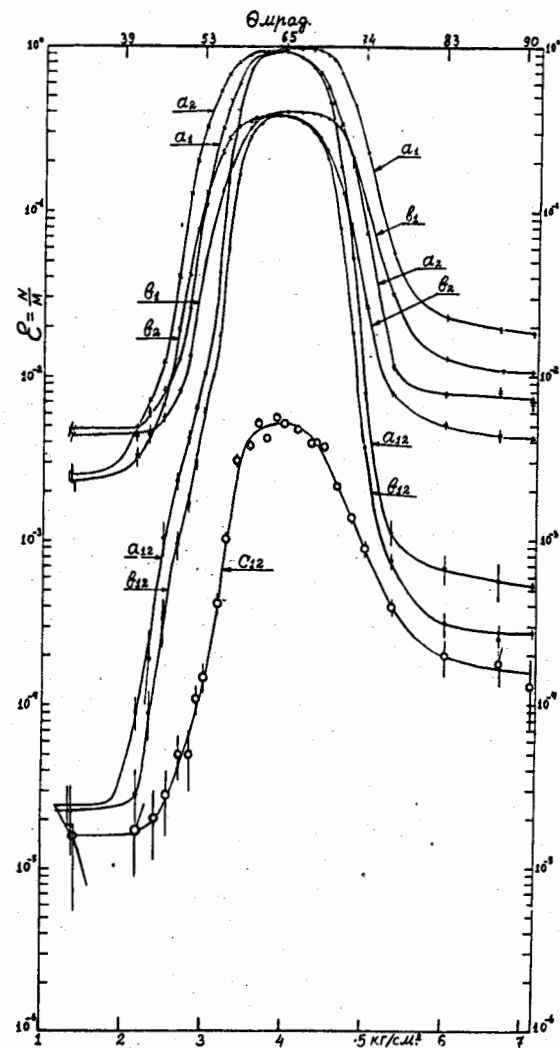


Рис. 6. Эффективность регистрации положительных частиц с импульсом 4,12 Гэв/с счетчиком IC2 в зависимости от давления в нем этилена. a_1, b_1 - первым, a_2, b_2 - вторым и a_{12}, b_{12} и c_{12} - двумя ФЭУ счетчика IC2, включенными на совпадения с монитором. Монитор а - $(S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + IC1)$, б - $(S_1 + S_2 + S_3 + S_4)$ с₂ - $(S_1 + S_2 + S_3 + S_4 - IC1)$ В счетчике IC1 - азот P = 6 кг/см².

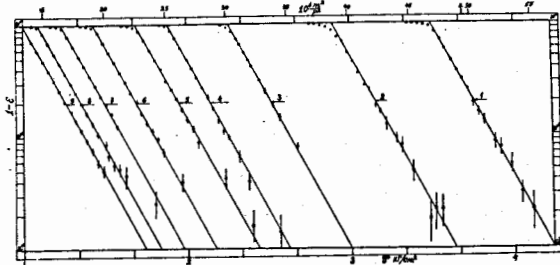


Рис. 7. К измерению средних импульсов π^+ -мезонов при помощи счетчика IC1. По оси ординат отложена неэффективность, по оси абсцисс - давление этилена при температуре 20°C .

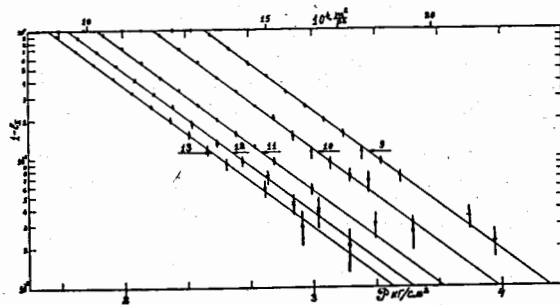


Рис. 8. К измерению средних импульсов π^+ -мезонов при помощи счетчика IC1. По оси ординат отложена неэффективность, по оси абсцисс давление азота при температуре 20°C .

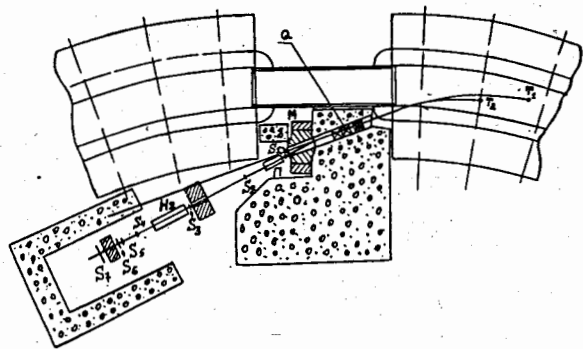


Рис. 9. Расположение аппаратуры на пучке при измерении полных сечений взаимодействия π^+ -мезонов на протонах.

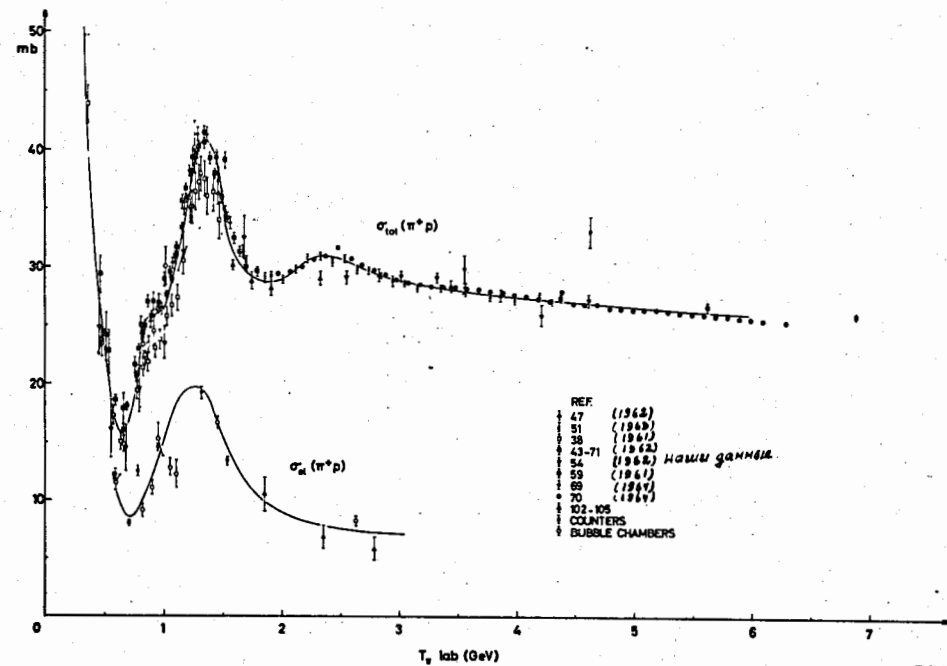


Рис. 10. Зависимость полных сечений взаимодействий π^+ -мезонов на протонах от кинетической энергии π^+ -мезонов /17/.