

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

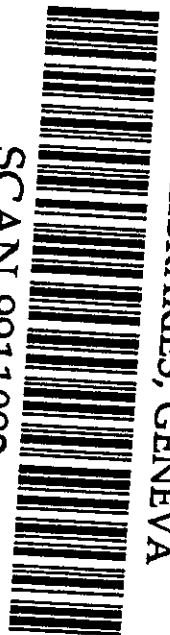
Дубна

P13-99-100

Р.А.Астабатьян, С.П.Лобастов, Д.Т.Мадигожин,
В.Д.Пешехонов, Ю.К.Потребеников

РАСЧЕТ И ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕТЕКТОРА РПИ
НА ОСНОВЕ СТРОУ

SCAN-9911082



CERN LIBRARIES, GENEVA

1999

Введение

В современных экспериментах по физике высоких энергий в последнее время все более широкое применение находят детекторы рентгеновского переходного излучения (РПИ) на основе тонкопленочных дрейфовых трубок (строу) в качестве детектирующих элементов (см., например, [1]). Процессы, имеющие место в детекторах РПИ, достаточно хорошо изучены [2], поэтому при создании таких детекторов можно заранее оптимизировать их параметры с учетом требований конкретного эксперимента. Как правило, такие параметры, как количество модулей (число каналов регистрации), общая и радиационная длина, в значительной мере определяющие регистрирующую способность детектора РПИ, задаются только условиями эксперимента и обычно оптимизации не подлежат.

В качестве объектов, подлежащих оптимизации, в настоящей работе выбраны методы выделения РПИ - фотонов, а также конструкция регистрирующей плоскости модуля, составленной из строу. Прототипом детектора, подлежащего оптимизации, выбран детектор РПИ установки NOMAD [3]. Характеристики радиатора (число слоев в модуле - 315, толщина полипропиленового слоя - 15 мкм, расстояние между слоями - 250 мкм), число модулей - 9, полная радиационная длина детектора РПИ $0,1 \div 0,11 X_0$ при этом оставались неизменными.

Расчет характеристик детектора РПИ для разных методов выделения фотонов

Хорошо известно, что спектральные характеристики РПИ (средняя энергия фотонов $E_\gamma \approx 5-10$ кэВ; угловое распределение $\Theta_\gamma \leq 1$ мср, средняя множественность поглощенных фотонов на единичный детектирующий элемент $N_\gamma \sim 1$) таковы, что фотоны РПИ приходится регистрировать на фоне ионизационных потерь энергий первичной частицы, а флуктуации этого фона являются решающим фактором, влияющим на разрешающую способность детектора. Все современные действующие детекторы РПИ основаны на методе энерговыделения [4], когда к ионизационным потерям энергии частицы в детекторе добавляется энергия поглотившихся фотонов. Очевидно, что для минимизации вклада от первичной частицы единичный детектирующий элемент должен содержать

ограниченное количество вещества. Наиболее оптимальным, с точки зрения достижения наилучшей режекции частиц, является расположение после радиатора ряда тонких детектирующих элементов в единичном модуле [5,6]. Ясно, что такое построение детектора РПИ приводит к значительному увеличению детектирующих элементов. Поэтому в практических применениях в едином детектирующем элементе проводится многократная регистрация сигналов, превышающих данный порог по локальному энерговыделению (обычно 4–5кэВ). Эти локальные энерговыделения обусловлены δ – электронами, образованными на следе первичной частицы и фотоэлектронами от поглощения переходного излучения. Такой метод регистрации принято называть кластерным (N - методом) [7,8], в противовес Q - методу, когда проводится суммирование энерговыделения в детекторе. Сравнение этих методов, с точки зрения достижения наилучшего разделения частиц, в настоящее время приводит к неоднозначным выводам из-за множества факторов, влияющих на возможность выделения фотонов РПИ в кластерном режиме. Однако наиболее принципиальным отличием двух этих методов является потеря информации о весе (энергии) фотонов РПИ в N - методе и числе фотонов в Q - методе. Поэтому определенный интерес представляет расчет и сравнение режектирующей способности детектора РПИ при сочетании двух этих методов, когда при идентификации используются оба признака: энерговыделение в детекторе и число кластеров [9].

Проведены расчеты детекторов РПИ для e/π - режекции изолированных частиц с импульсом 10 ГэВ/с при следующих методах выделения РПИ - фотонов:

1. Подсчет числа кластеров по выделенным группам строу от каждого модуля; этот метод позволяет оценить режектирующую способность детектора РПИ при организации быстрого триггера для предварительного отбора событий;
2. Подсчет числа кластеров в строу расположенных вдоль траектории частицы (N - метод);
3. По энерговыделению в строу расположенных вдоль траектории частицы (Q - метод);
4. По двумерным распределениям (Q, N).

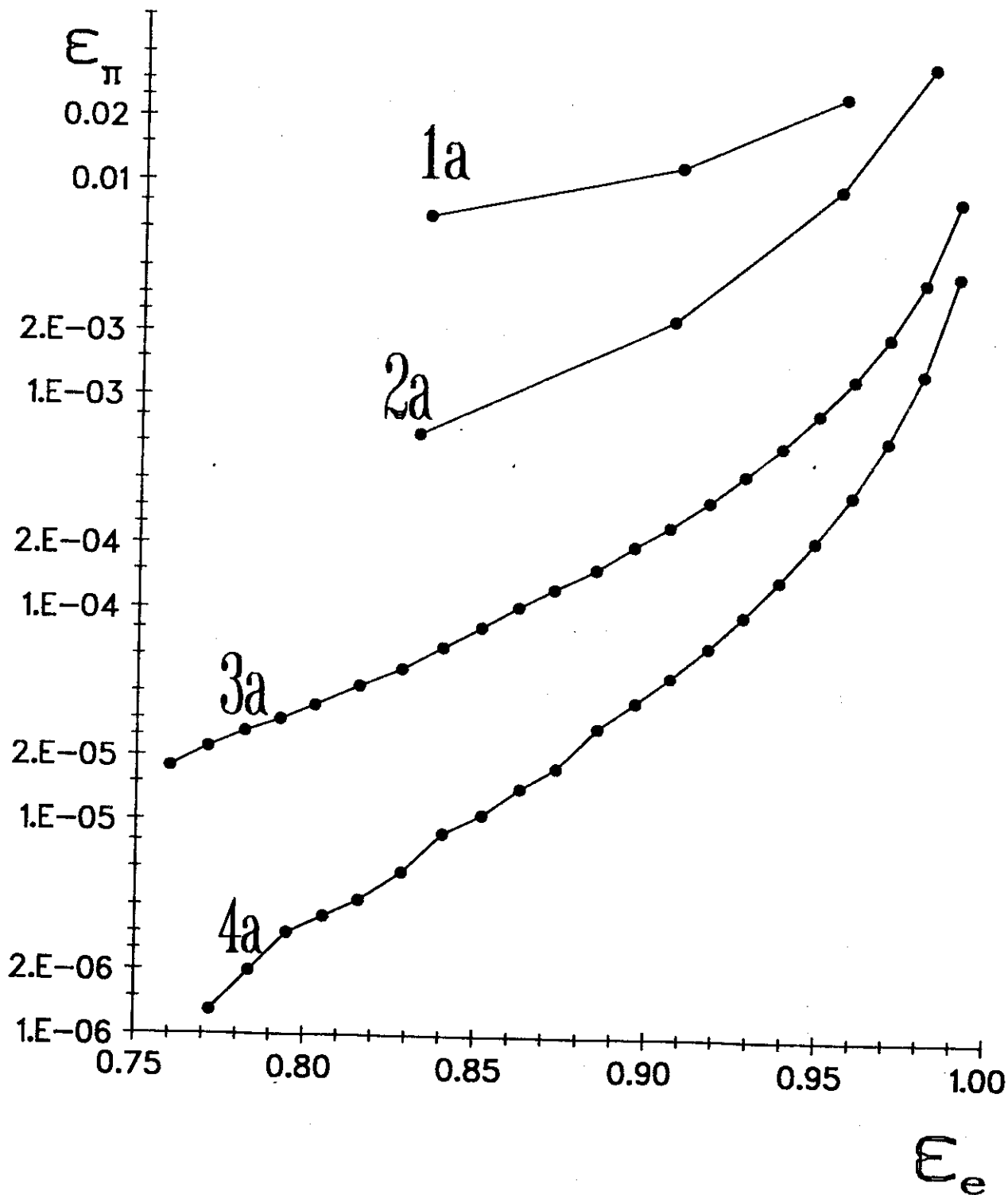


Рис. 3. Зависимость коэффициента режекции π - мезона от эффективности регистрации электрона для разных методов выделения фотонов РПИ в строу

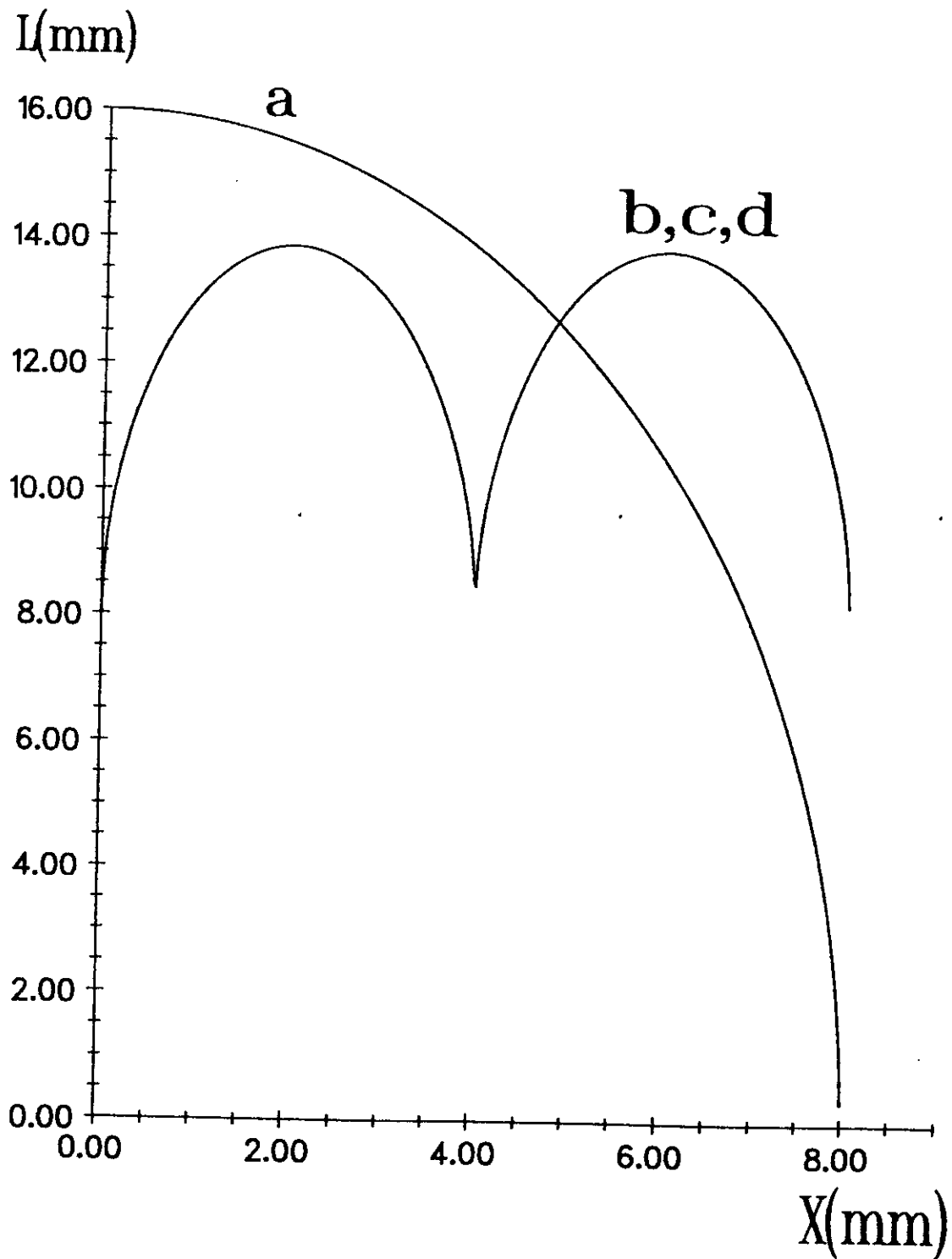


Рис. 5. Зависимость длины газового промежутка по пути частицы от точки влета в строу, при нормальном падении

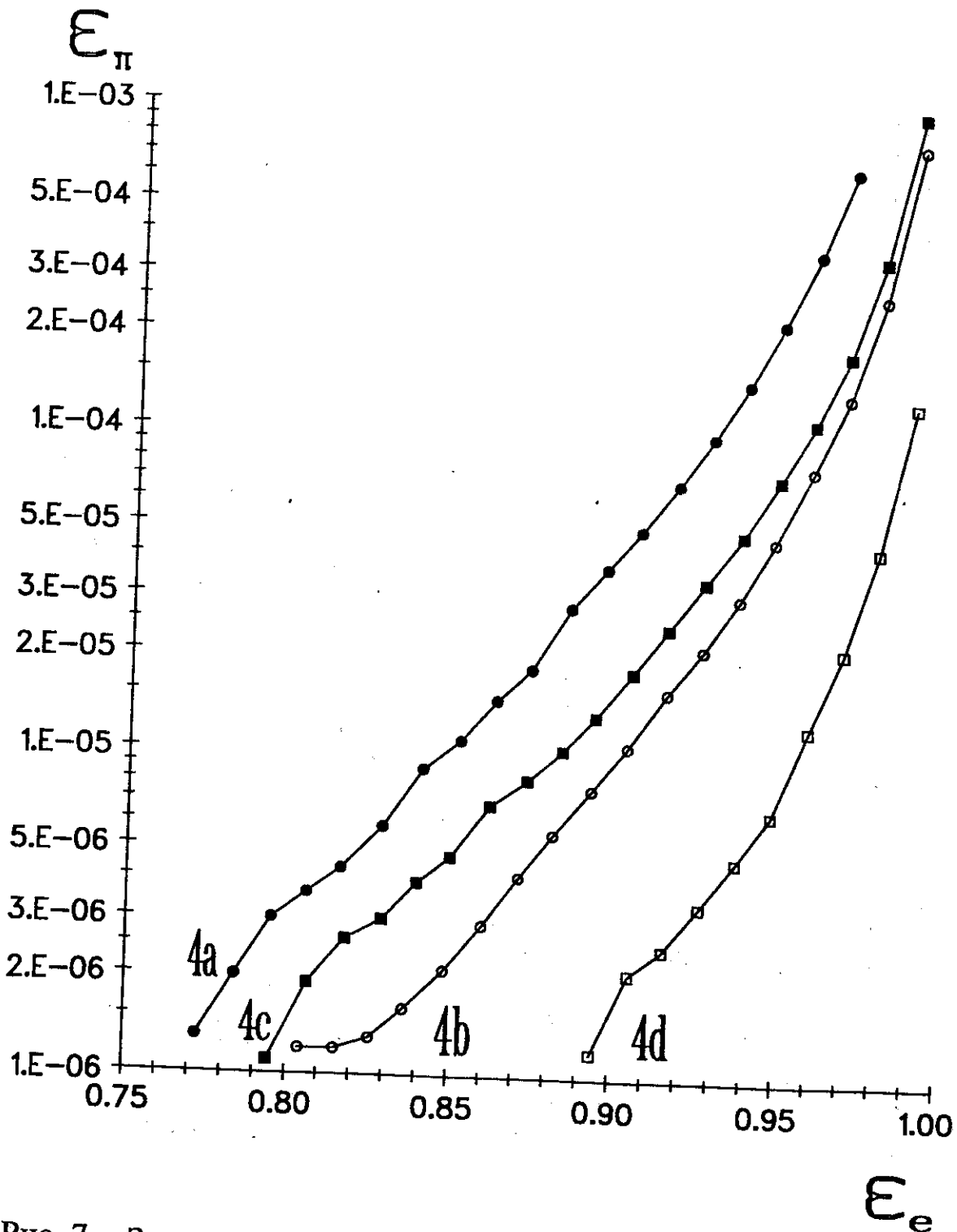


Рис. 7. Зависимость коэффициента режекции π - мезона от эффективности регистрации электрона для разных модификаций модуля; (Q, N) - метод.

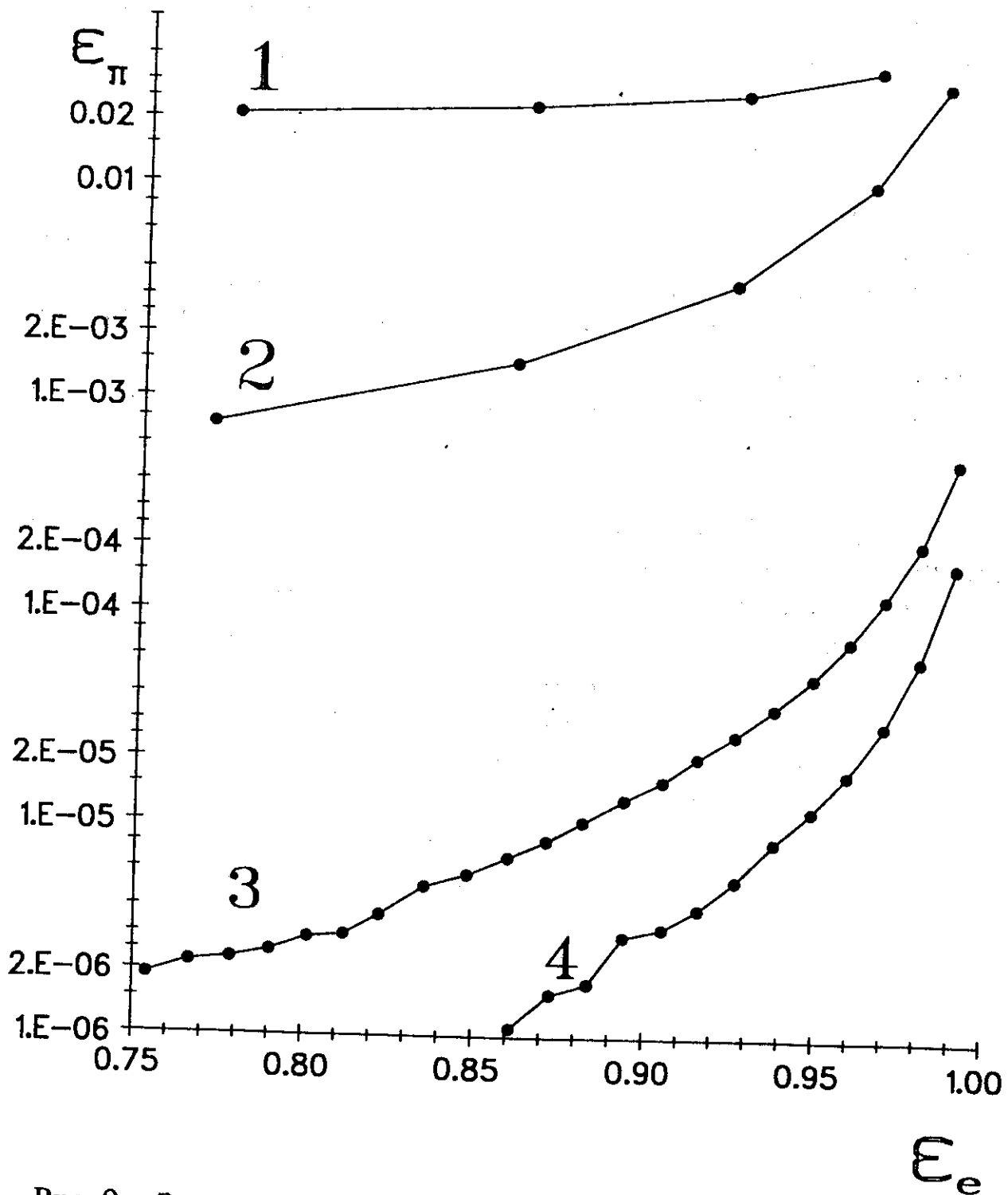


Рис. 9. Зависимость коэффициента режекции π - мезона от эффективности регистрации электрона; расчет для установки по изучению редких распадов

случаю съема сигналов с каждого строу и, следовательно, увеличению числа каналов регистрации в четыре раза. Объединение группы из четырех строу в один (кривые 3с, 4с) приближают к начальным условиям выбранного прототипа.

Одним из преимуществ детекторов РПИ на основе строу по сравнению с традиционными пропорциональными камерами является возможность создания более компактных модулей путем увеличения давления газовой смеси. Кривые (3d, 4d) рис. 6, 7 демонстрируют существенное улучшение режектирующей способности детектора РПИ при увеличении давления газовой смеси до двух атмосфер. Однако отметим, что в случае, когда четыре строу объединялись в один регистрационный канал, не учитывалось увеличение эквивалентной емкости, что может заметно ухудшить пространственное разделение кластеров в строу. Для учета этого фактора, а также более корректной оценки пространственного разрешения кластеров необходимо моделировать форму сигнала с строу с учетом всех факторов, влияющих на форму сигнала, в том числе процессов диффузии. Такое моделирование не проводилось, а пространственное разделение кластеров принималось равным 1,6 мм во всех проведенных расчетах.

Конечные результаты расчетов детекторов РПИ при неизменных начальных условиях с выбором наилучших результатов для каждого шага оптимизации демонстрирует рис. 8:

- для выбранного прототипа; идентификация Q - методом (3а);
- для выбранного прототипа; оптимизация (Q, N) - методом (4а);
- для оптимизированной конструкции модуля, с наложением плоскостей, составленных из строу половинного диаметра с объединением в регистрационный канал групп из 4-х строу; (Q, N) - методом (4с);
- с давлением газовой смеси 2 атм; (Q, N) - методом (4d).

Кривая 1d рис. 8 демонстрирует режекцию π - мезонов при организации быстрого триггера для наиболее оптимального варианта детектора РПИ. Для такого варианта проведен расчет детектора РПИ предполагаемой установки NA48 по изучению редких распадов. Уменьшение общей длины детектора до 80 см (задаваемой геометрическими размерами планируемой установки)

4. Алиханян А.И. и др. ЖЭТФ, т.41, Вып.6, 1961, с.2002.
5. Испирян К.А. и др. Труды международного симпозиума по переходному излучению частиц высоких энергий, Ереван, 12-17 мая 1977, с.209, Ереван., ЕрФИ, 1977.
6. Оганесян А.Г. и др. Труды международного симпозиума по переходному излучению частиц высоких энергий, Ереван, 12-17 мая 1977, с.269, Ереван, ЕрФИ, 1977.
7. Ludlman T. et al. Nucl.Instr.and Meth. 180, 1981, p.413.
8. Fabjan C.W. et al. Nucl.Instr. and Meth. 185, 1981, p.119.
9. Astabatyan R.A. et al. Nucl.Instr. and Meth. A219, № 1, 1983, p. 78.
10. Brun R., Carminati F. GEANT Detector Description and Simulation Tool, CERN Program Library, Writeup W 5013, 1993.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 апреля 1999 года.

Астабадян Р.А. и др.

Расчет и оптимизация детектора РПИ на основе строу

P13-99-100

Приведены результаты расчетов детектора РПИ на основе строу для разных методов выделения фотонов: подсчет числа кластеров (N-метод), полного энерговыведения (Q-метод), по двумерным распределениям (Q, N).

Расчеты проводились для разных модификаций регистрирующего модуля, состоящего из строу. Все расчеты проводились для e/π -режекции изолированных частиц с импульсом 10 ГэВ/с.

Работа выполнена в Лаборатории физики частиц ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1999

Перевод авторов

Astabatyan R.A. et al

Calculation and Optimization of Transition Radiation Detector Based on the Straw

P13-99-100

Calculation results of the TRD detector based on the straw for different methods of the signal processing: cluster counting (N method), total energy deposition (Q method), on two dimensional spectra (Q, N) are presented. Calculation has been performed for different modifications of the registered module consisting of the straw. All results are presented for isolated pions and electrons by 10 GeV/c.

The investigation has been performed at the Laboratory of Particle Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1999