



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2008-28
ОЭФ

С.А. Акименко, В.Н. Болотов¹, Ю.В. Гилицкий, В.А. Дук¹,
Б.Ж. Залиханов², М.Ю. Костин, В.В. Молчанов, В.Ф. Образцов,
В.И. Романовский, А.П. Филин, А.А. Худяков¹

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУЧКОВОГО СПЕКТРОМЕТРА УСТАНОВКИ «ОКА»

¹ ИЯИ РАН, Москва

² ОИЯИ, Дубна

Протвино 2008

Аннотация

Акименко С.А., Болотов В.Н., Гилицкий Ю.В. и др. Исследование пучкового спектрометра установки «ОКА»: Препринт ИФВЭ 2008-28. – Протвино, 2008. – 22 с., 23 рис., 2 табл., библиогр.: 7.

Работа посвящена изучению пучкового спектрометра установки «ОКА». Установка предназначена для исследования редких распадов К-мезонов на лету с использованием сепарированного пучка с импульсом 12,7 ГэВ/с. Исследуются характеристики пучковых пропорциональных камер — профили пучка, полученные камерами, эффективность, особенности временного спектра. С помощью пропорциональных камер пучкового спектрометра получены пространственные характеристики пучка и измерено его импульсное распределение.

Abstract

Akimenko S.A., Bolotov V.N., Gilitsky Yu.V. et al. Study of Beam Spectrometer of OKA Experimental Setup: IHEP Preprint 2008-28. – Protvino, 2008. – p. 22, figs. 23, tables 2, refs.: 7.

The beam spectrometer of OKA experimental setup is studied in the paper. The setup is aimed at investigating rare kaon decays in-flight using separated beam with momentum 12.7 GeV/c. Main properties of beam proportional chambers (BPC) are studied — beam profiles obtained by BPC, efficiencies, time spectra. Using BPC, some spatial properties and momentum distribution of the beam are measured.

Введение

Одним из способов проверки предсказаний Стандартной Модели (СМ) и поиска Новой Физики за ее рамками является изучение распадов К-мезонов. Подобные исследования открывают возможность тщательной проверки ряда предсказаний СМ, уточнения матрицы кваркового смешивания, поисков новых типов взаимодействий и новых тяжелых частиц, например калибровочных бозонов, заряженных бозонов Хиггса, которые могут приводить к несохранению лептонных зарядов, появлению правых токов и к другим отступлениям от $V - A$ теории. Массы этих новых частиц могут быть столь велики, что они не будут рождаться даже в опытах на суперколлайдерах следующих поколений. В этом случае они могут быть обнаружены только косвенным образом при наблюдении редких аномальных распадов и новых типов слабых взаимодействий [1].

В исследованиях распадов К-мезонов можно выделить два основных направления. Первое — это эксперименты по поиску сверхредких распадов. Такие эксперименты требуют очень большого потока каонов. Это достигается использованием несепарированного пучка сверхвысокой интенсивности. Второе направление — прецизионное измерение параметров распадов, которые могут быть рассчитаны с высокой точностью в рамках СМ. Целью таких экспериментов является поиск малых отклонений ($< 1\%$) от предсказаний СМ, для чего требуются чистые (сепарированные) пучки К-мезонов. Примером эксперимента первого типа является NA62 [5], примером второго — «ОКА» [2].

1. Установка «ОКА»

В настоящее время на канале 21К протонного синхротрона У-70 завершается отладка установки «ОКА» («Опыты с Каонами») (см. работы [2, 3]) для изучения распадов К-мезонов. «ОКА» создаётся на базе установок «Истра+» [4], «СФИНКС» и «ГАМС». Коллаборация включает в себя три института — ИЯИ РАН, ГНЦ ИФВЭ и ОИЯИ. Эксперимент будет проводиться с использованием сепарированного пучка с импульсом 12,7 ГэВ/с и интенсивностью $(4 \div 6) \cdot 10^6 K^+ / \text{цикл}$. Предусмотрена также возможность получения пучка каонов с импульсом 18 ГэВ/с (вторая рабочая точка). Для сепарации частиц в каонном канале

ИФВЭ используются высокочастотные сверхпроводящие сепараторы Карлсруэ–ЦЕРН, которые ранее применялись на ускорителе SPS–CERN.

Схема установки «ОКА» приведена на рис. 1. Установка включает в себя сцинтилляционные счетчики ($S_{1\div 3}$), годоскопы, пучковые пропорциональные камеры (BPC_{1Y} , $BPC_{2\div 4X,Y}$), газовые черенковские счетчики для идентификации первичных каонов ($\check{C}_{1,2}$), распадный объем (DV) длиной 11 м с охранной системой, широкоапертурный магнитный спектрометр с пропорциональными камерами ($PC_{1\div 4}$, $PC_{5\div 8}$), дрейфовыми трубками ($DT_{1\div 3}$) и строу-детекторами ($ST_{1\div 2}$, ST_3), двухсекционный многоканальный γ -спектрометр (GAMS-EGS и GAMS-2000), адронный калориметр полного поглощения (GDA-100), мюонные детекторы (MuD).

2. Пучковый спектрометр установки «ОКА»

Пучковый спектрометр установки «ОКА» состоит из пропорциональной камеры BPC_{1Y} , дублета пропорциональных камер $BPC_{2X,Y}$, установленных перед пучковым магнитом, и двух дублетов пропорциональных камер $BPC_{3X,Y}$ и $BPC_{4X,Y}$, установленных после него (BPC — beam proportional chamber; 1, 2, 3, 4 — номера камер; X, Y — координата, измеряемая камерой). Магнитное поле отклоняет частицы в плоскости YZ. Схема спектрометра показана на рис. 2, в табл. 1 приведено положение камер вдоль оси пучка (расстояние отсчитывается от центра пучкового магнита).

Таблица 1. Положение пучковых пропорциональных камер, отсчитывается вдоль оси пучка от центра пучкового магнита.

Пропорциональная камера	Положение Z (мм)
BPC_{1Y}	−6100
BPC_{2Y}	−1501
BPC_{3Y}	2701
BPC_{4Y}	6716

При выбранной геометрии камер, с учетом их высокого пространственного разрешения планируемая точность измерения импульса составляет $\sigma_p/p \approx 0,5\%$ (см. п. 6.2). Это позволит повысить интенсивность сепарированного пучка за счет открытия импульсного коллиматора канала. Также пучковый спектрометр позволяет восстановить траекторию К-мезона, необходимую для определения вершины его распада.

3. Пучковые пропорциональные камеры

На установке используются узкоазорные пропорциональные камеры, разработанные и изготовленные в ОИЯИ. Они обладают высоким пространственным (~ 300 мкм) и временным разрешением (~ 5 нс, ПШПВ) и могут работать при высоких нагрузках (до $5 \cdot 10^7 \text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$). Конструкция, технология изготовления камер и особенности их работы подробно описаны в работе [6].

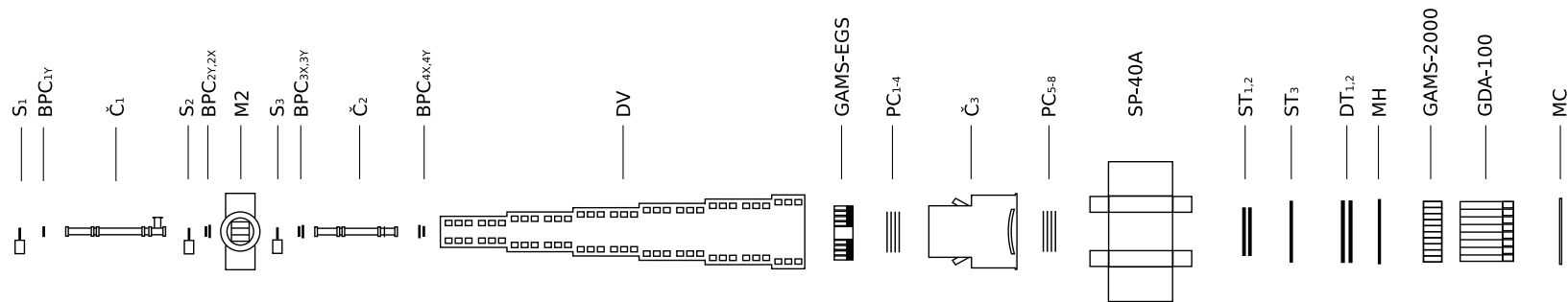


Рис. 1. Схема установки «ОКА».

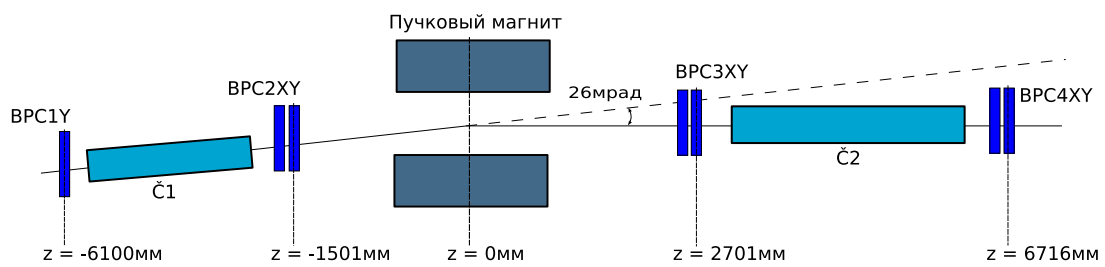


Рис. 2. Схема пучкового спектрометра установки «ОКА».



Рис. 3. Фотография пучковой пропорциональной камеры BPC_{2X} .

Анодные плоскости камер выполнены из проволоки диаметром 20 мкм (позолоченный вольфрам + рений) с шагом 1,084 мм. Натяжение проволок 60 г. Катодные электроды изготовлены из лавсановой плёнки толщиной 20 мкм с углеродным покрытием толщиной 5 мкм. Расстояние между анодной плоскостью и катодами составляет 1,5 мм.

Всего в камере 188 анодных проволочек. Для устранения краевых эффектов с обеих сторон анодной плоскости натянуты по одной проволочке диаметром 30 мкм. Размер чувствительной области камеры составляет 200х200 мм. Высокое напряжение подается на катоды через ограничивающее сопротивление 5,6 МОм.

Рабочая газовая смесь камеры содержит 80% фреона-14 (CF_4) и 20% изобутана (C_4H_{10}). Диапазон рабочих напряжений 2200–2600 В.

В камерах BPC_{3X} , BPC_{3Y} , BPC_{4Y} и BPC_{4X} катоды выполнены в виде стрипов шириной 10 мм. Стрипы изготовлены на лавсановой пленке толщиной 50 мкм путем нанесения с помощью краскопульта токопроводящей краски, содержащей мелкодисперсное серебро.

Благодаря высокой эффективности регистрации частиц ($>99\%$, см. п. 5.2) и хорошему временному разрешению (~ 5 нс) стрипы, объединенные по «ИЛИ», могут быть использованы в составе триггера первого уровня вместо сцинтилляционных счетчиков. Это позволит существенно сократить количество вещества на пути частиц и тем самым уменьшить их многократное рассеяние и фоновые взаимодействия в сцинтилляторах.

4. Считывание сигналов с пучковых камер

Для съема сигналов с камер используются усилители, изготовленные на базе микросхем ОКА-1, разработанных в НЦ ФЧВЭ при БГУ (г. Минск). Усилители обладают малыми размерами, что позволяет установить платы прямо на камеру. Плата представляет собой 8-канальный усилитель. Порог усилителя устанавливался равным 12 фКл, или 0,6 мкА. Неприятной особенностью используемого усилителя является практически одинаковая чувствительность к сигналам положительной и отрицательной полярности (см. п. 5.1).

Выходные сигналы с усилителей-дискриминаторов в стандарте LVDS поступают по витым парам на входы регистров. Запись сигналов производится на регистры с циклической памятью ЛЭ-78 (разработка ОЭА ИФВЭ), расположенные в помещении для электроники на расстоянии ~ 50 м от камер. Информация о времени прихода записывается в 128 каналов регистра. Нулевому каналу соответствует начало считывания регистра, каналам с большими номерами соответствуют более ранние моменты времени. Шаг по времени составляет 5,3 нс.

Сигнал со стрипов после линейного усиления и формирования в стандарте ECL транспортируется по витым парам к стойкам со считывающей электроникой, после чего записывается на регистры ЛЭ-76 (разработка ОЭА ИФВЭ [7]).

5. Работа камер в сеансах 2007 и 2008 годов

В декабрьском сеансе 2007 года работали 4 пропорциональные камеры: BPC_{2Y} , BPC_{3Y} , BPC_{4Y} , BPC_{3X} . В апрельском сеансе 2008 года в дополнение к вышеперечисленным камерам были введены в строй камеры BPC_{1Y} и BPC_{4X} .

В 2007 году использовался пучок с импульсом 12,7 ГэВ/с и следующим составом: 54% π^+ , 45% p , 1% K^+ . В сеансе 2008 года также использовался пучок с импульсом 5 ГэВ/с, в со-

стае которого доминируют позитроны. Пучок в основном использовался для калибровки электромагнитных калориметров.

На рис. 4 показаны профили пучка с импульсом 12,7 ГэВ/с, полученные разными камерами. На рис. 5 показаны профили пучка с $p = 5$ ГэВ/с. Провалы и выбросы на профилях обусловлены наличием неработающих каналов и самовозбуждением в усилителях.

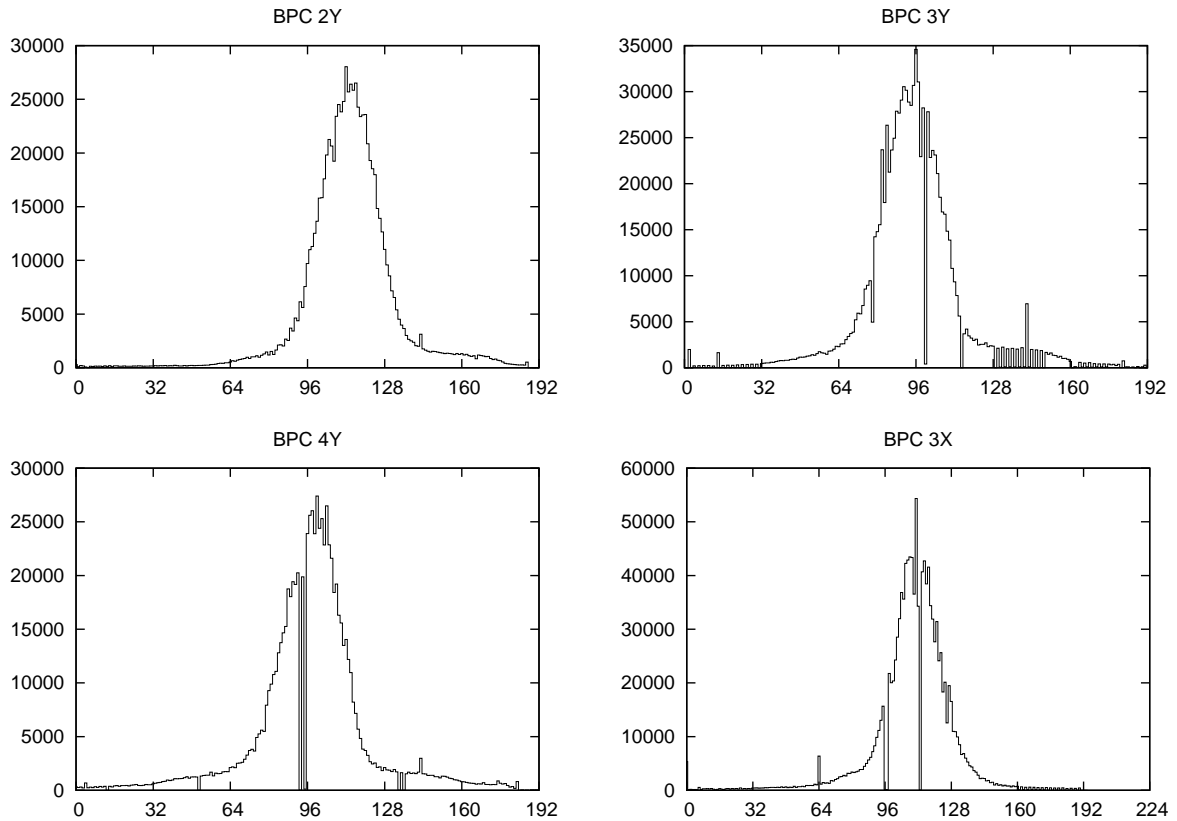


Рис. 4. Профили пучка с импульсом 12,7 ГэВ/с для пучковых пропорциональных камер. По оси X отложен номер проволоки, по оси Y — число срабатываний данной проволоки. Напряжение питания 2300 В (данные 2007 г.).

5.1. Особенности временного спектра сигналов

Временная гистограмма для одной из камер приведена на рис. 6. По оси X отложен номер канала регистра, 0 — время начала считывания, большим номерам соответствуют более ранние моменты времени. На гистограмме видны два пика: «основной пик», соответствующий прохождению заряженной частицы рядом с сигнальной проволокой, и «вторичный пик», соответствующий сигналу, наведённому на соседние проволоки.

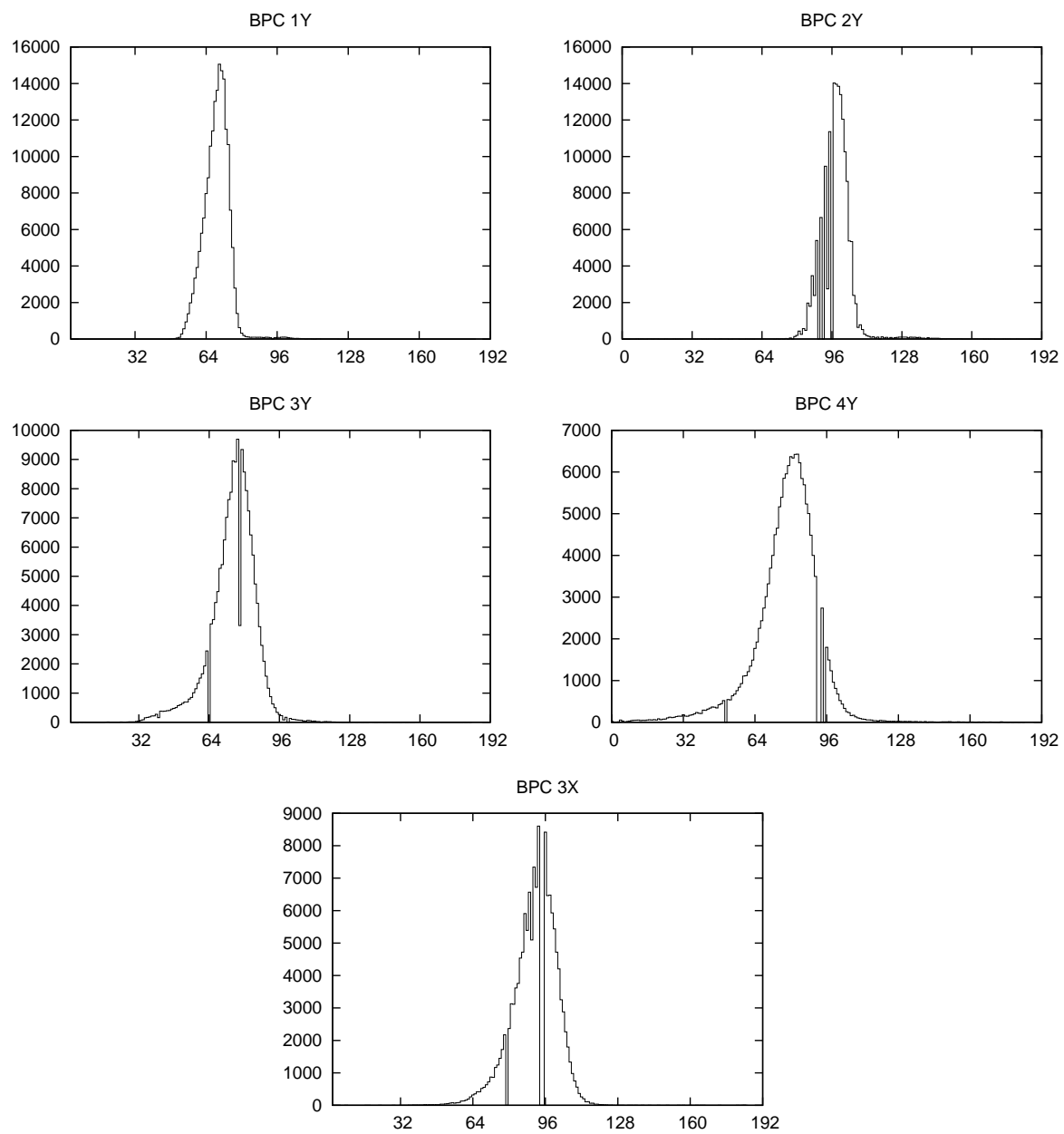


Рис. 5. Профили пучка с импульсом 5 ГэВ/с для пучковых пропорциональных камер. По оси X отложен номер проволочки, по оси Y — число срабатываний данной проволочки. Напряжение питания 2200 В (данные 2008 г.).

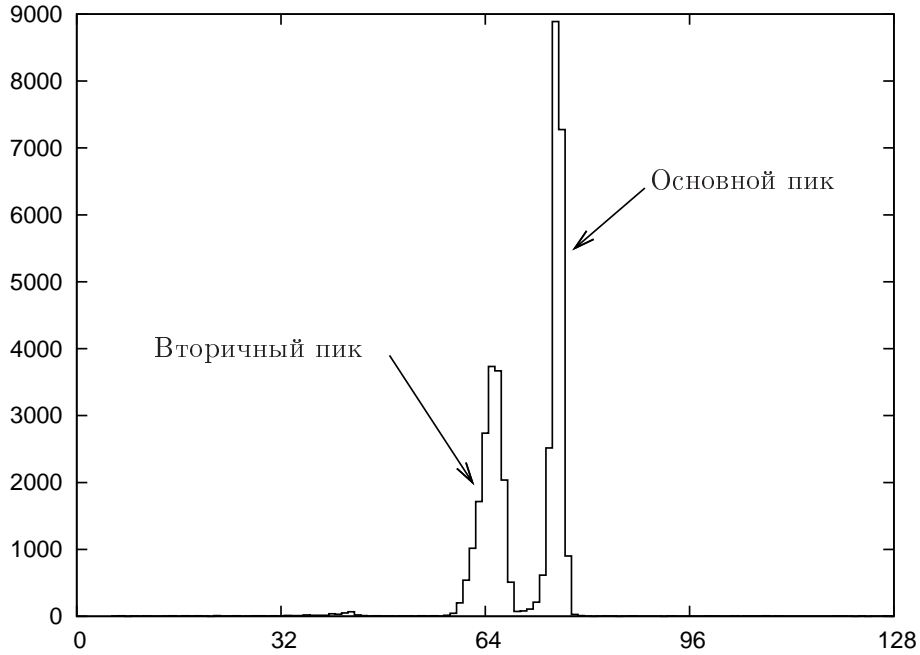


Рис. 6. Временная гистограмма для одной из камер. Размер бина 5,3 нс (большим номерам ячеек соответствуют меньшие времена). «Основной пик» соответствует сигналу от частицы, «вторичный пик» — наведённому сигналу.

Происхождение наведённого сигнала объясняется следующим образом. Так как заряд и потенциал сигнальной проволоки отрицательны, то положительный заряд, равный отрицательному, растекается через нагрузочные сопротивления по земляной шине по всем остальным проволокам и замыкается на лавину через ёмкостные связи между проволоками и лавиной. По этой причине все проволоки, кроме сигнальной, приобретают положительный потенциал, убывающий по величине, по мере удаления от сигнальной проволоки.

Срабатывание усилителей от наведённого заряда обусловлено использованием в усилителе трехкаскадного шейпирования, которое было оптимизировано для работы с камерами, использующими газовую смесь Ar-CO_2 . В нашем случае это приводило к «перекомпенсации» сигнала, которая проиллюстрирована на рис. 7. Сигнал положительной полярности от наведённого заряда вызывает срабатывание дискриминатора от узкого выброса и приходит на регистры примерно на 50 нс позже основного сигнала.

На рис. 8 приведена гистограмма для разности времени прихода (Δt) сигнала от сигнальной и соседних проволок. Отбирались события, в которых одновременно сработали три проволочки подряд: в большинстве таких событий центральная проволочка срабатывает от проходящей частицы, а две боковые — из-за наводки. Плато в районе $\Delta t = 0$ обусловлено одновременным срабатыванием двух проволок от одной частицы.

Как видно из приведенных выше рисунков, от наведённых сигналов можно избавиться, сделав отбор по времени прихода событий (выставив «временные ворота»).

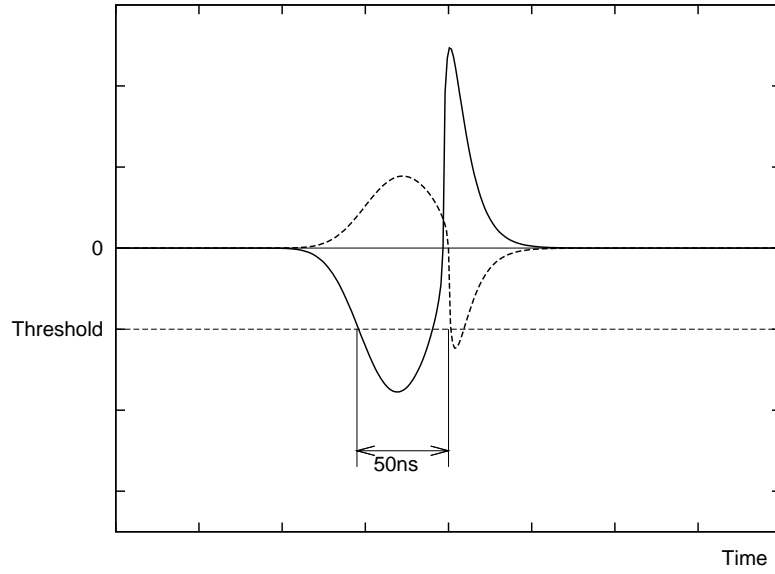


Рис. 7. Качественная форма сигналов от сигнальной проволоки (сплошная линия) и от наведённого заряда (пунктир) после трехкаскадного шейпинга перед дискриминатором.

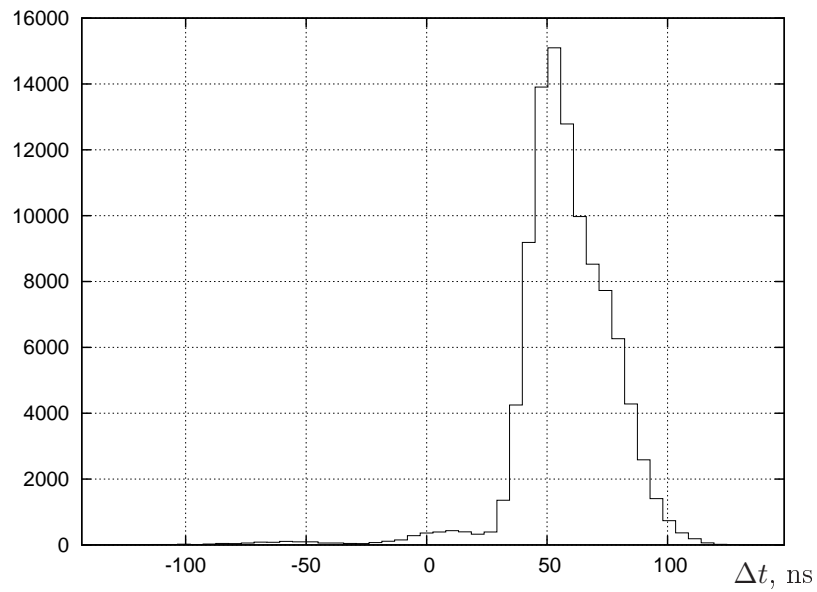


Рис. 8. Разница между временем прихода сигнала от частицы и наведённого сигнала.

Множественность событий M (количество сработавших проволочек) для каждой из камер приведена на рис. 9. Гистограмма, изображенная пунктиром, — это множественность событий до отбора по времени прихода. Пик при $M = 3$ соответствует срабатыванию кластера из трех проволочек (центральная и две боковые), пик при $M = 1$ — тому, что был зарегистрирован только сигнал от центральной проволочки. У BPC_{3X} есть только пик при $M = 3$, что связано с высокой чувствительностью усилителей. Сплошная гистограмма — множественность событий с выставленными «временными воротами». На этой гистограмме пик при $M = 3$ отсутствует, т.е. данный отбор позволяет эффективно избавиться от наведённых сигналов.

С увеличением напряжения питания среднее время прихода сигнала от частиц изменяется. При более высоких значениях напряжения питания сигнал приходит раньше, и разброс времени прихода уменьшается. Зависимость среднего времени прихода сигнала и разброса времени прихода от напряжения питания приведена на рис 10.

Изменение времени прихода связано с тем, что с увеличением напряжения питания растет амплитуда сигнала, следовательно, передний фронт становится круче, и компаратор срабатывает раньше. Разброс времени прихода уменьшается из-за увеличения скорости дрейфа.

На рис. 11 приведены гистограммы с временем прихода сигнала для напряжений питания 2000 и 2300 В. На левой гистограмме отобраны события с множественностью 1, на правой — с множественностью 3. Амплитуда сигнала от частицы для событий с $M = 3$ больше, чем для событий с $M = 1$ (в противном случае наведённый сигнал не был бы зарегистрирован), поэтому эффект роста крутизны переднего фронта импульса выражен для событий с $M = 3$ намного слабее.

Дрейф «основного пика» следует учитывать при выставлении «временных ворот». В противном случае эффективность камеры уменьшается.

5.2. Эффективность камер

Эффективность регистрации частиц в зависимости от напряжения питания приведена на рис. 12 (сеанс 2007 г., пучок с $p = 12,7$ ГэВ/с) и на рис. 13 (сеанс 2008 г., пучок с $p = 5$ ГэВ/с). Напряжение выхода на плато составляет примерно 2200 В, для камеры BPC_{3X} оно составляет 2100 В, что связано с большей чувствительностью усилителей. Измерение эффективности проводилось при пороге регистрации 0,6 мкА (отнесенное ко входу усилителей).

Для камеры BPC_{1Y} эффективность достигает 99,8% при напряжении питания 2300 В. Меньшая эффективность регистрации частиц у других камер связана с наличием неработающих каналов, они видны на профилях (рис. 4, 5).

Счетная характеристика наведённого сигнала от напряжения питания приведена на рис. 14. Она начинает быстро нарастать, начиная с напряжения питания 2200 В. Поэтому целесообразно работать при напряжении выхода на плато, чтобы минимизировать наведённый сигнал.

В сеансе 2008 года на камерах BPC_{3X} , BPC_{4Y} была измерена эффективность регистрации частиц катодными стрипами и получены профили пучка. Зависимость эффективности от напряжения питания приведена на рис 15. Она выходит на плато при 2200 В и превышает 99%. Профили пучка, измеренные с помощью стрипов, приведены на рис. 16.

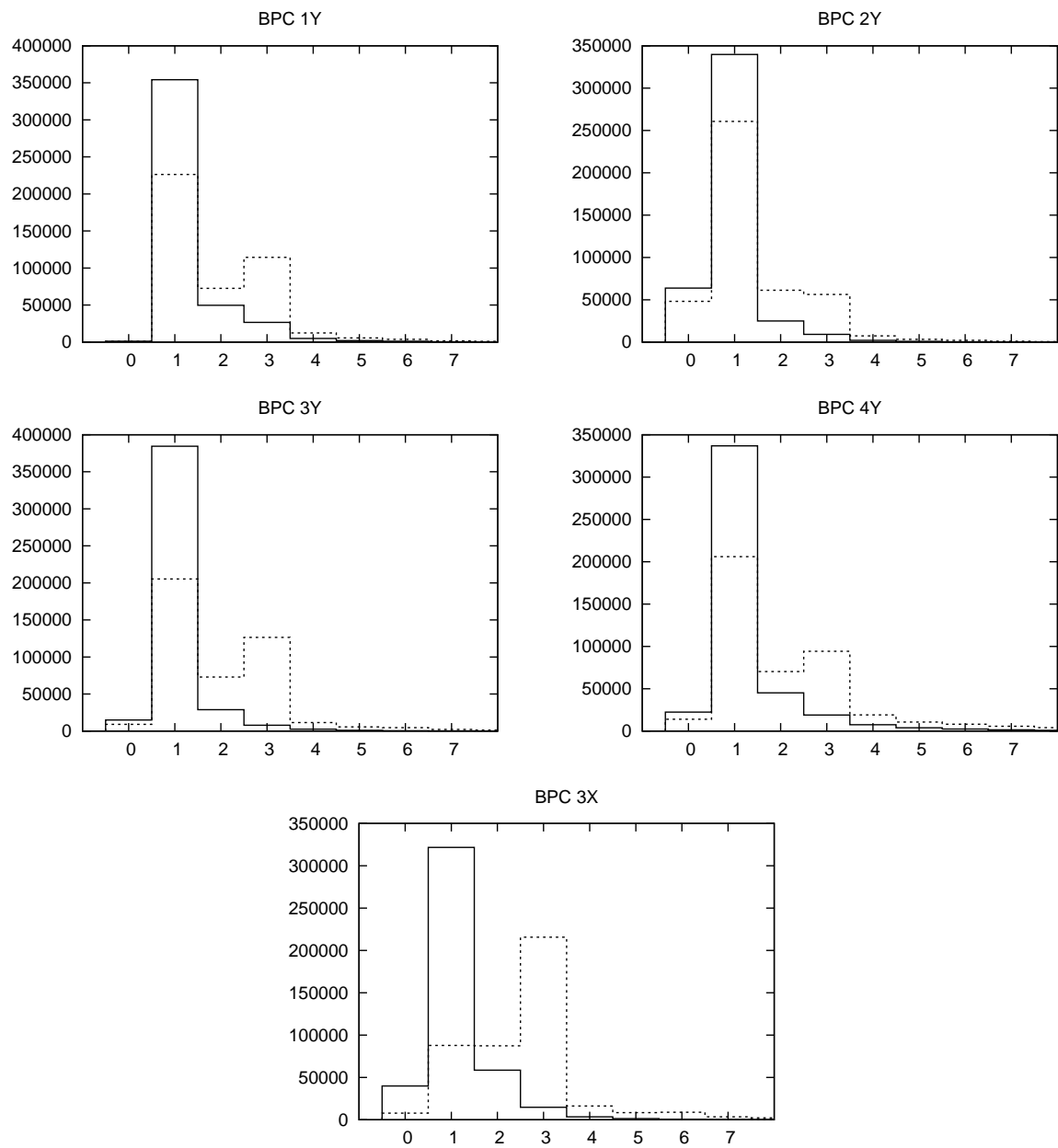


Рис. 9. Множественность событий для пропорциональных камер. Напряжение питания 2300 В. Сплошная линия — с «временными воротами»; пунктирная — без.

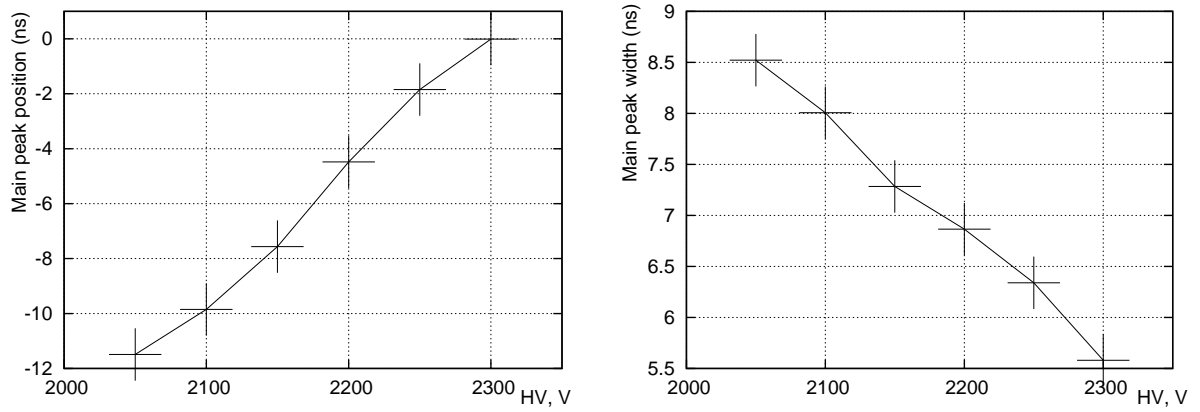


Рис. 10. Слева: изменение среднего времени прихода сигнала от частицы в зависимости от напряжения питания. Справа: разброс времени прихода сигнала от частицы. Камера BPC_{2Y} .

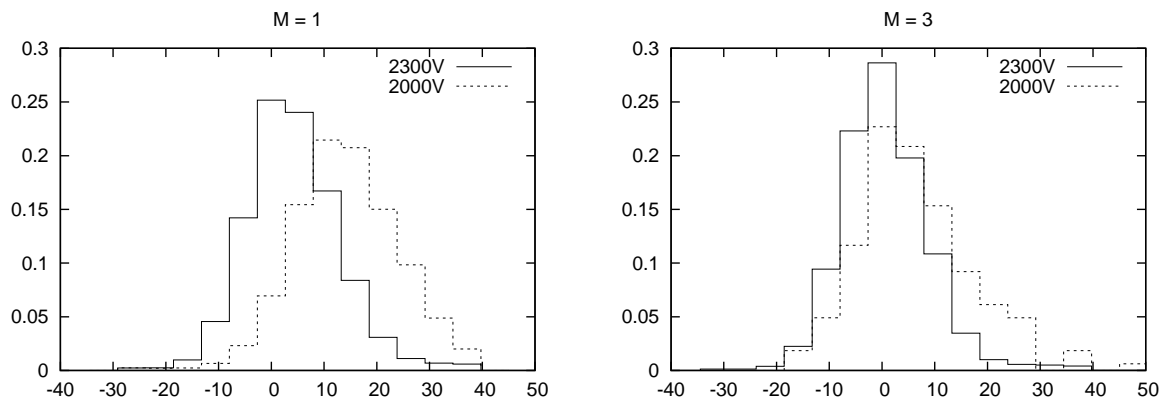


Рис. 11. Время прихода сигнала от частицы для событий с множественностью 1 (слева) и 3 (справа). Общее число событий в гистограмме нормировано на единицу.

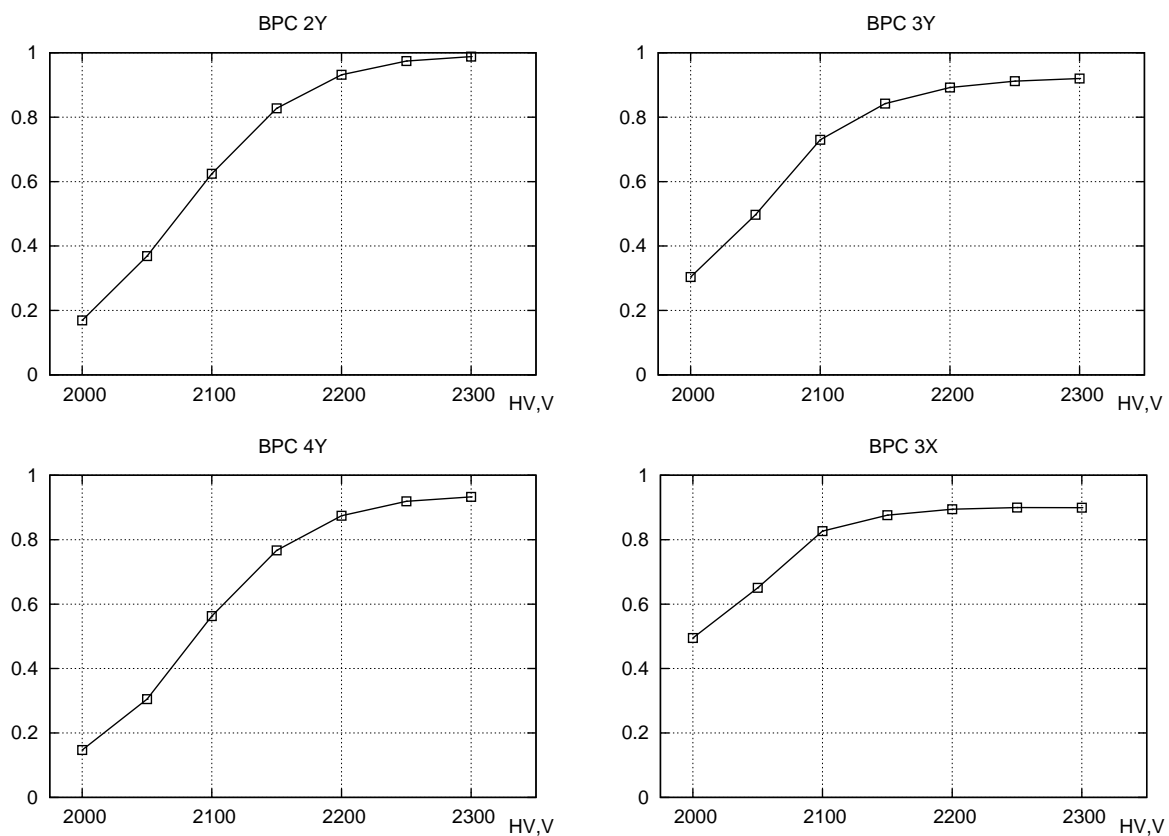


Рис. 12. Эффективность пропорциональных камер (данные 2007 г.).

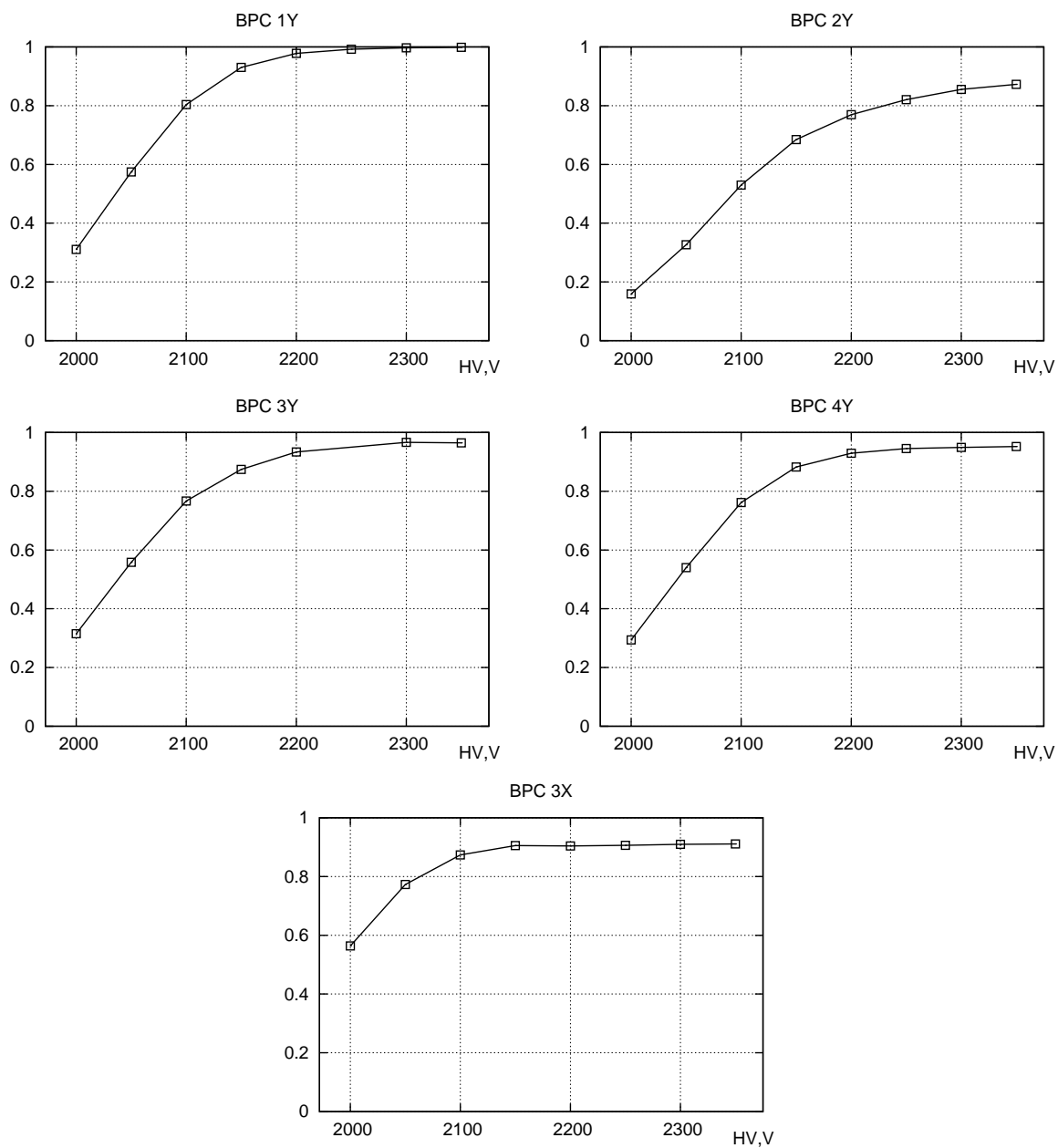


Рис. 13. Эффективность пропорциональных камер (данные 2008 г.).

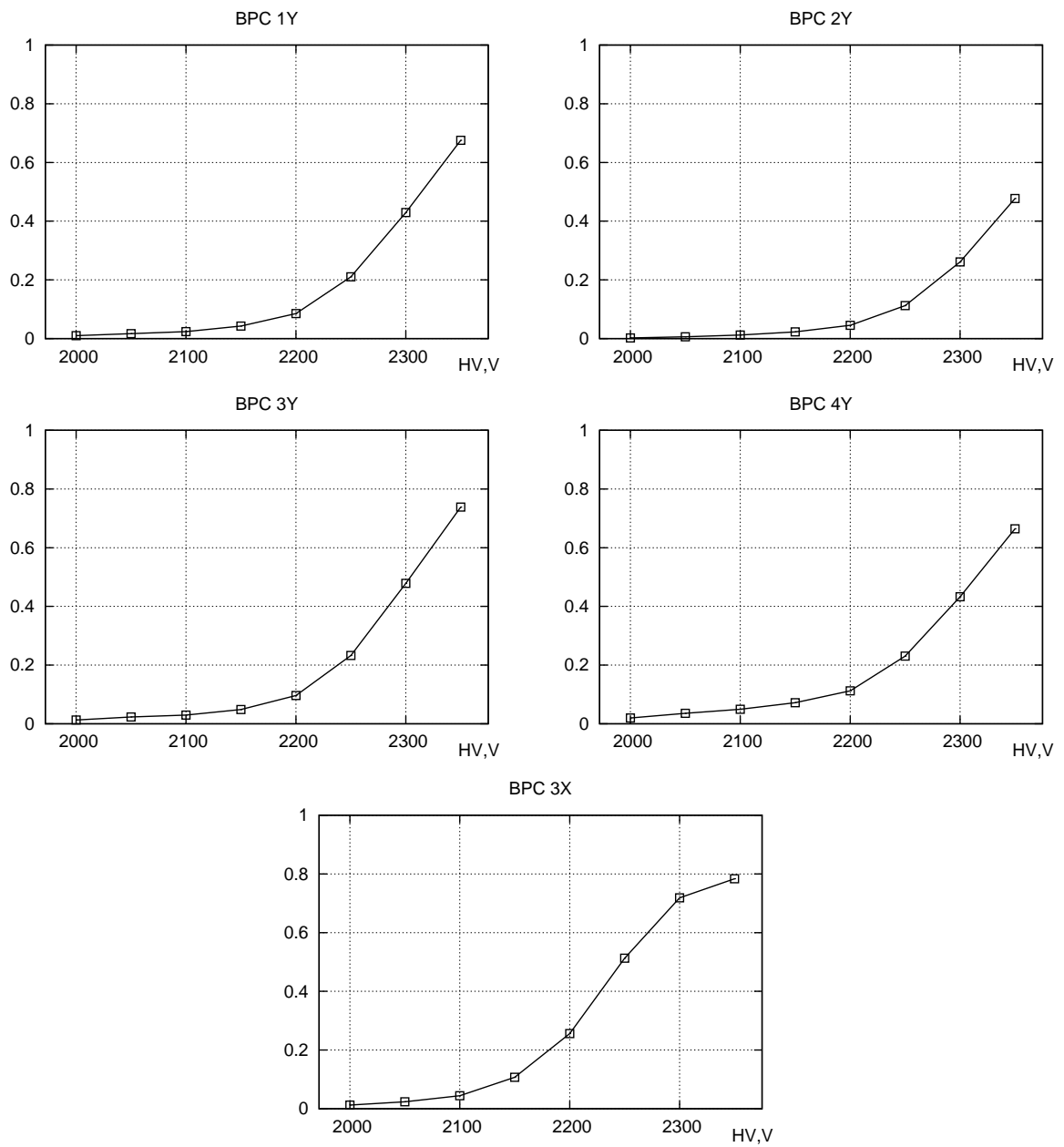


Рис. 14. Счетная характеристика наведённого сигнала (данные 2008 г.).

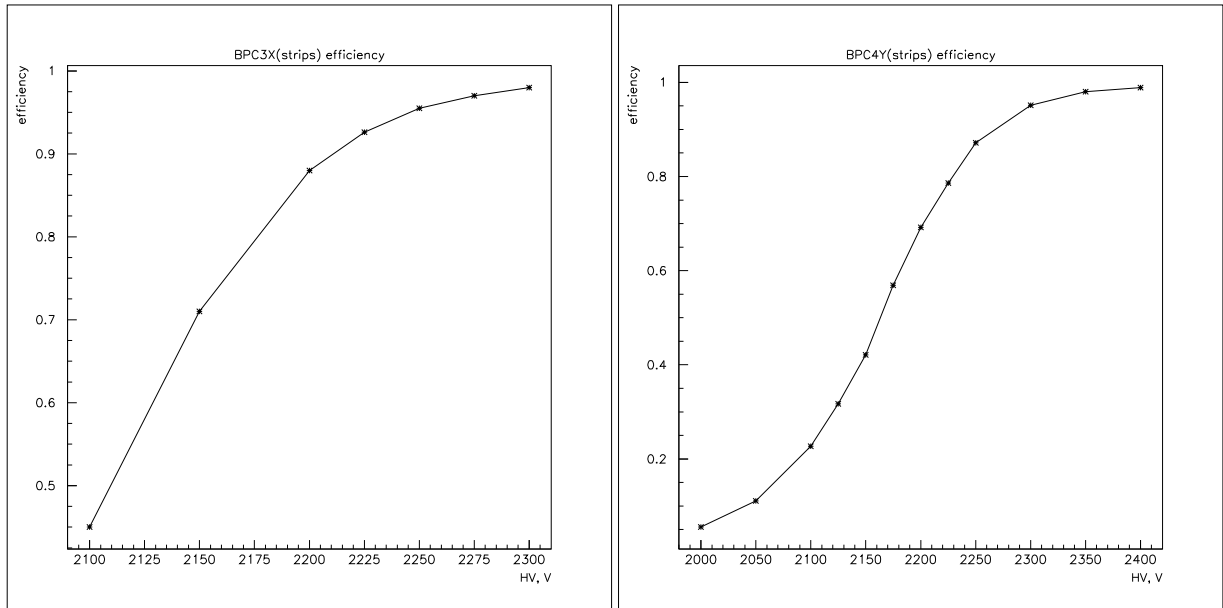


Рис. 15. Эффективность регистрации частиц катодными полосами.

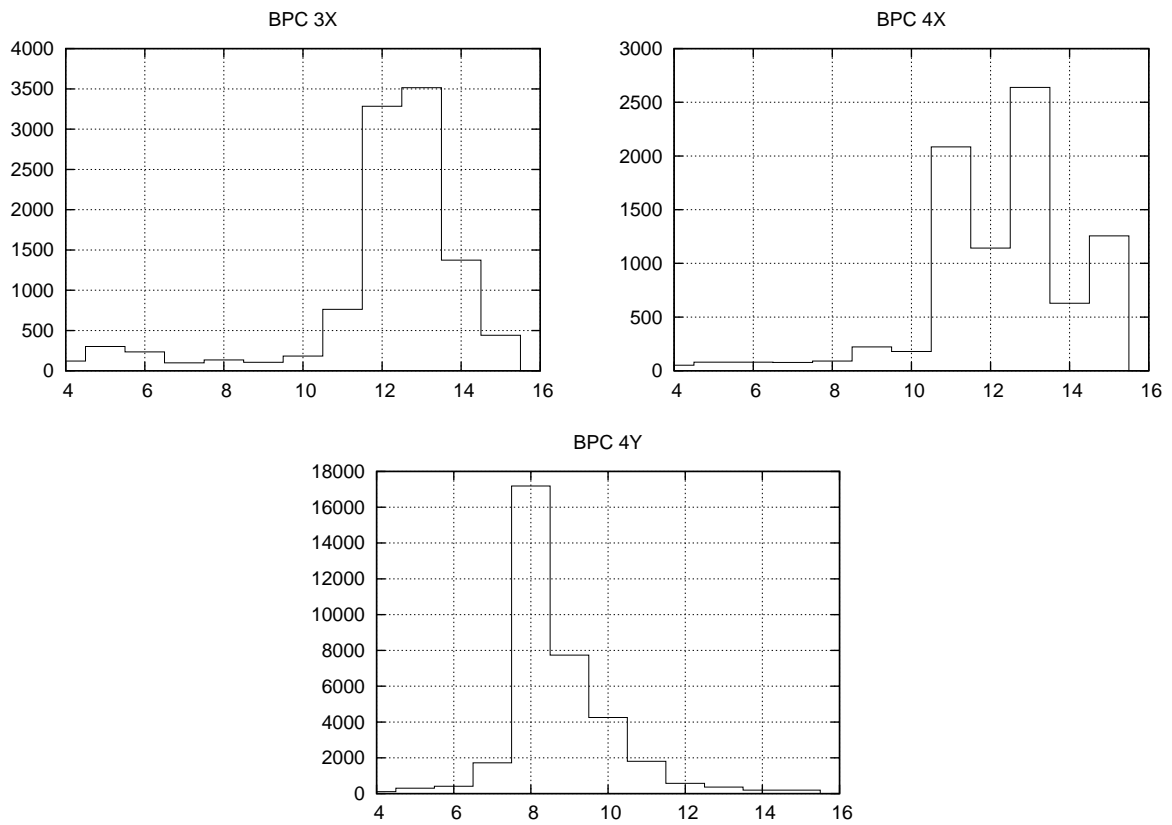


Рис. 16. Профили пучка для катодных стрипов. 5 ГэВ/с пучок (данные 2008 г.).

6. Характеристики пучка

6.1. Пространственные характеристики пучка

До пучкового магнита пучок является восходящим под углом 26 мрад. Величина магнитного поля подбирается так, чтобы после магнита пучок шел горизонтально.

Поперечный размер пучка вычисляется фитированием профиля и определяется как полная ширина на половине высоты (ПШПВ).

Для определения того, является ли пучок сходящимся или расходящимся, используется распределение угла отклонения от оси пучка (α_{div}) в зависимости от координаты y (рис. 17). Если среднее отклонение растет с увеличением y , то пучок является расходящимся, если уменьшается — сходящимся. Вертикальными линиями на рисунках обозначена ПШПВ распределения по углам для данного y .

Размеры пучка с импульсом 12,7 ГэВ/с для сеансов 2007 и 2008 годов приведены в табл. 2. Угловое распределение частиц пучка в сеансе 2008 года показано на рис. 18. До магнита угловая ПШПВ пучка составляет 0,5 мрад, после магнита она увеличивается до 0,9 мрад. Зависимость отклонения от оси пучка приведена на рис. 19. До магнита пучок является слабо расходящимся, после магнита расходимость увеличивается. Это связано с импульсной дисперсией пучка: частицы с разными импульсами отклоняются на разные углы.

Таблица 2. Размер пучка в разных пропорциональных камерах. Размер определяется как ширина на половине высоты.

Пропорциональная камера	Размер пучка		
	π^+ и p пучок		e^+ пучок
	2007 г.	2008 г.	2008 г.
BPC_{1Y}	—	7 мм	12 мм
BPC_{2Y}	27 мм	8 мм	12 мм
BPC_{3Y}	28 мм	9 мм	19 мм
BPC_{4Y}	30 мм	10 мм	23 мм
BPC_{3X}	27 мм	21 мм	20 мм

Размеры пучка с импульсом 5 ГэВ/с приведены в табл. 2. Пучок достаточно асимметричен, что видно на профилях (рис. 5). После магнита асимметрия уменьшается и появляется «хвост» из частиц с малыми y , соответствующий частицам с малыми импульсами, которые сильно отклоняются в магнитном поле.

Угловое распределение пучка с $p = 5$ ГэВ/с приведено на рис. 20. Оно шире, чем угловое распределение пучка с $p = 12,7$ ГэВ/с, и его ПШПВ составляет 0,9 мрад до магнита и 2,1 мрад — после него.

Зависимость среднего угла отклонения приведена на рис. 21. До магнита пучок является расходящимся, его расходимость больше, чем у пучка с импульсом 12,7 ГэВ/с, после магнита он становится расфокусированным, в первом приближении расходящимся из точки $z \approx -10$ м. Разброс углов отклонения после магнита также растет.

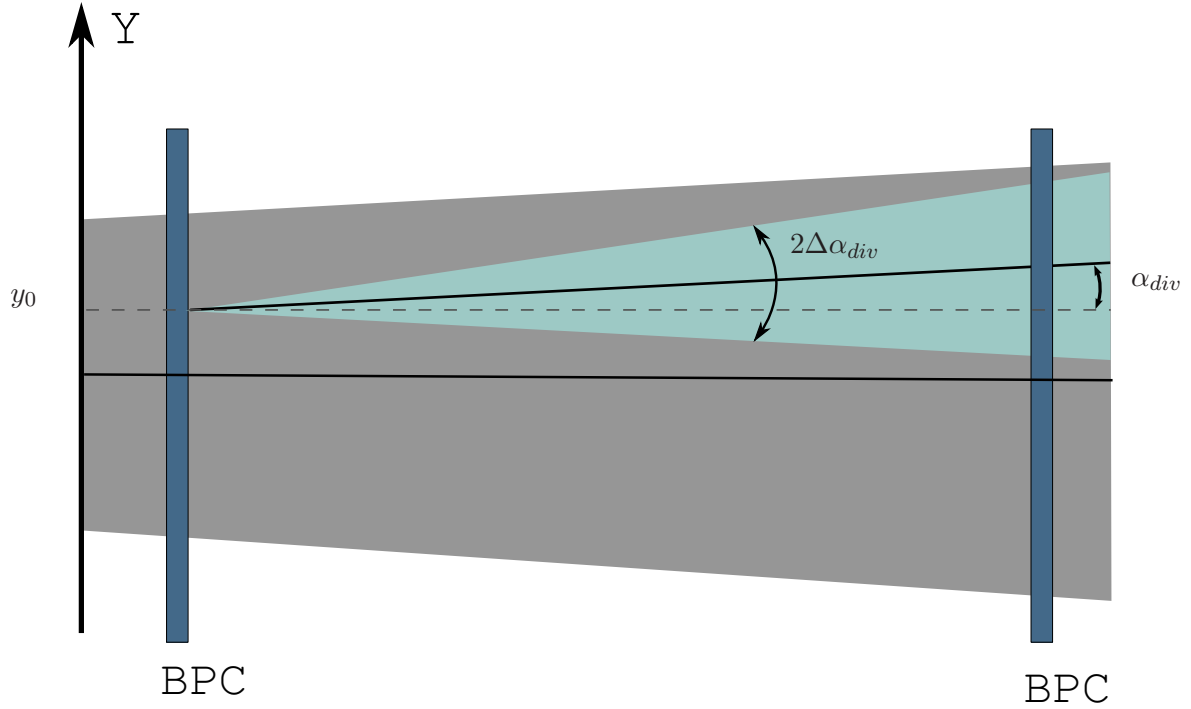


Рис. 17. Угол отклонения частицы от оси пучка для значения координаты $y = y_0$.

6.2. Распределение по импульсу

Средний угол отклонения частиц в пучковом магните составляет 26 мрад. Для вычисления импульса можно использовать следующую приближительную формулу

$$p = \frac{e}{\theta} \int_{L_1}^{L_2} B_x(z) dz,$$

где θ — угол отклонения в магнитном поле. Так как точное значение интеграла поля не было известно, импульс вычислялся по формуле

$$p = p_0 \frac{\theta}{\theta_0},$$

где p_0 — средний импульс пучка, а θ_0 — угол отклонения пучка (~ 26 мрад). Траектория частицы в проекции на плоскость YZ восстанавливается четырьмя пучковыми камерами.

Импульсное разрешение спектрометра можно оценить, по формуле

$$\frac{\sigma(p)}{p} = \frac{\sigma(\theta)}{\theta},$$

$$\sigma(\theta) = \sigma(y) \sqrt{\frac{2}{L_{12}^2} + \frac{2}{L_{34}^2}},$$

где L_{12} и L_{34} — расстояние между камерами BPC_{1Y} , BPC_{2Y} и BPC_{3Y} , BPC_{4Y} соответственно ($L_{12} = 4569$ мм, $L_{34} = 4016$ мм), а $\sigma(y)$ — пространственное разрешение камер,

равное $d/\sqrt{12}$ (d — расстояние между проволочками, $d = 1$ мм). Подставив данные в формулу для $\sigma(\theta)$, получим: $\sigma(p)/p = \sigma(\theta)/\theta = 0,5\%$.

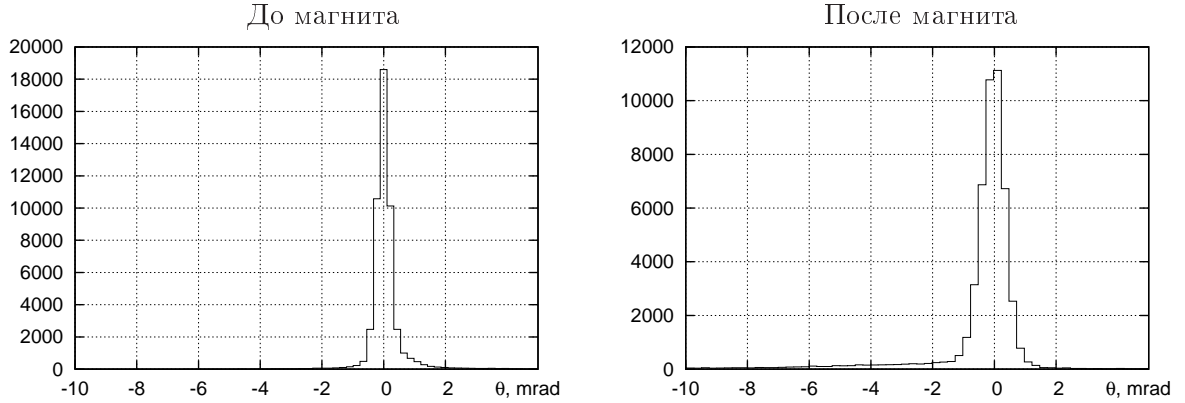


Рис. 18. Угловое распределение 12,7 ГэВ/с пучка. Слева — до магнита, справа — после.

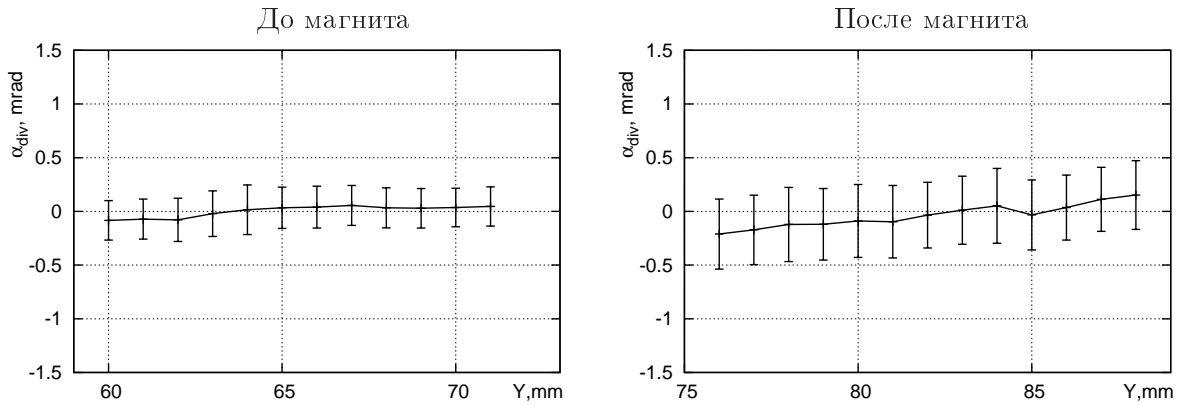


Рис. 19. Зависимость среднего угла отклонения α_{div} от координаты y для 12,7 ГэВ/с пучка. Слева — до магнита, справа — после. Вертикальные линии означают ПППВ распределения $\Delta\alpha_{div}$.

В апрельском сеансе 2008 года был проведен straight-line test для геометрической привязки камер. Пучковый магнит выключался, и измерялось положение пучка. На схеме пучкового спектрометра (рис. 2) траектория пучка при выключенном магните обозначена пунктиром. Зная то, что пучок поднимается под углом 26 мрад, были определены относительные координаты y камер BPC_{1Y} , BPC_{2Y} и BPC_{3Y} .

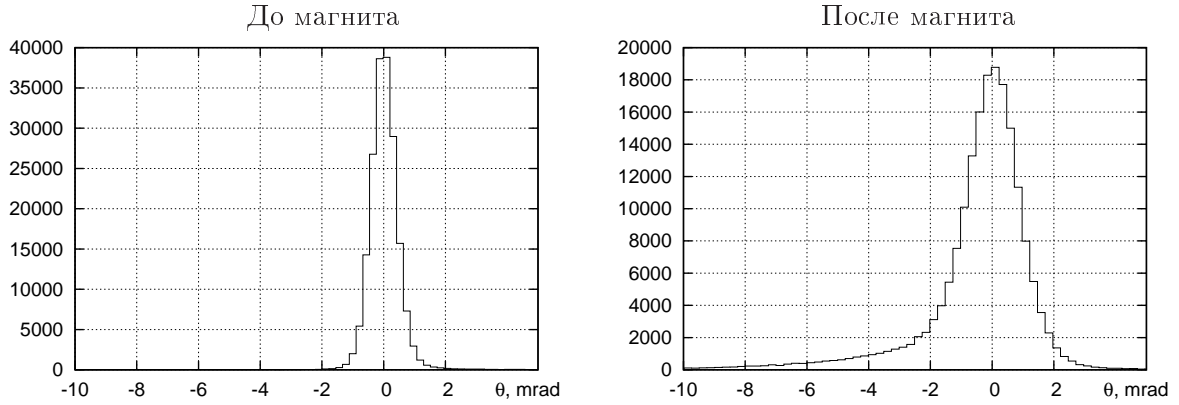


Рис. 20. Угловое распределение 5 ГэВ/с пучка. Слева — до магнита, справа — после.

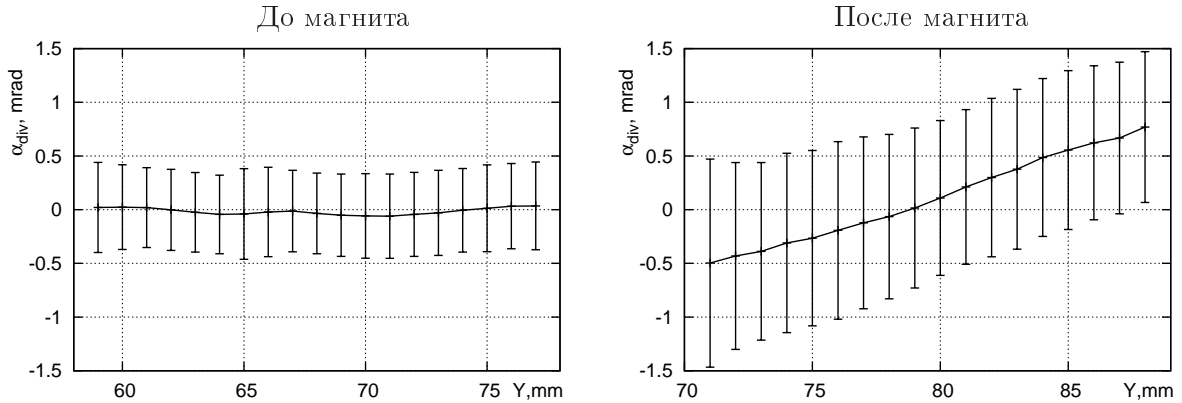


Рис. 21. Зависимость среднего угла отклонения α_{div} от координаты y для 5 ГэВ/с пучка. Слева — до магнита, справа — после. Вертикальные линии означают ПШПВ распределения $\Delta\alpha_{div}$.

Так как пучок проходил выше камеры BPC_{4Y} , ее положение определялось следующим образом: при включенном пучковом магните траектория до магнита восстанавливалась по камерам BPC_{1Y} и BPC_{2Y} , камера BPC_{3Y} давала одну точку после магнита, и траектории «сшивались» при $z = 0$ (центр пучкового магнита). Зная траекторию после магнита, можно определить положение BPC_{4Y} .

Угол отклонения вычисляется как угол между прямолинейными траекториями, восстановленными по парам камер BPC_{1Y} , BPC_{2Y} и BPC_{3Y} , BPC_{4Y} . Средний импульс пучка принимался равным 5 и 12,7 ГэВ/с.

Распределение по импульсу для пучка с $p = 5$ ГэВ/с приведено на рис. 23. На нем виден «радиационный хвост» позитронов низкой энергии. Разброс по импульсу составляет 3%. Он определяется немонохроматичностью пучка, а не разрешением пучкового спектрометра.

Для пучка с $p = 12,7$ ГэВ/с распределение по импульсу приведено на рис. 22. На нем виден «хвост» от мюонов. Разброс по импульсу составляет 1,5%.

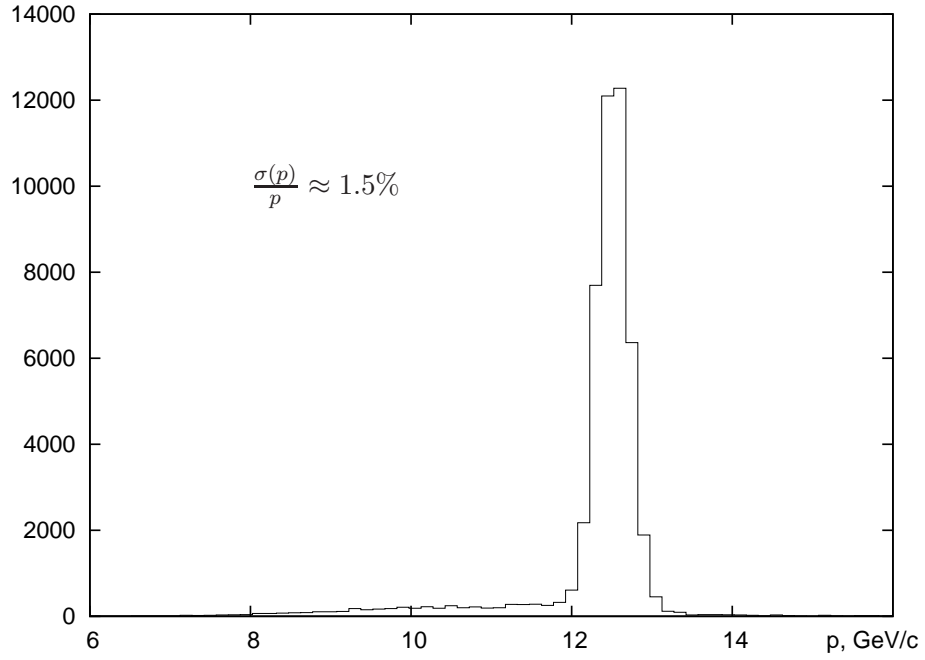


Рис. 22. Распределение по импульсу для пучка с $p = 12,7$ ГэВ/с. Размер бина 150 МэВ (данные 2008 г.).

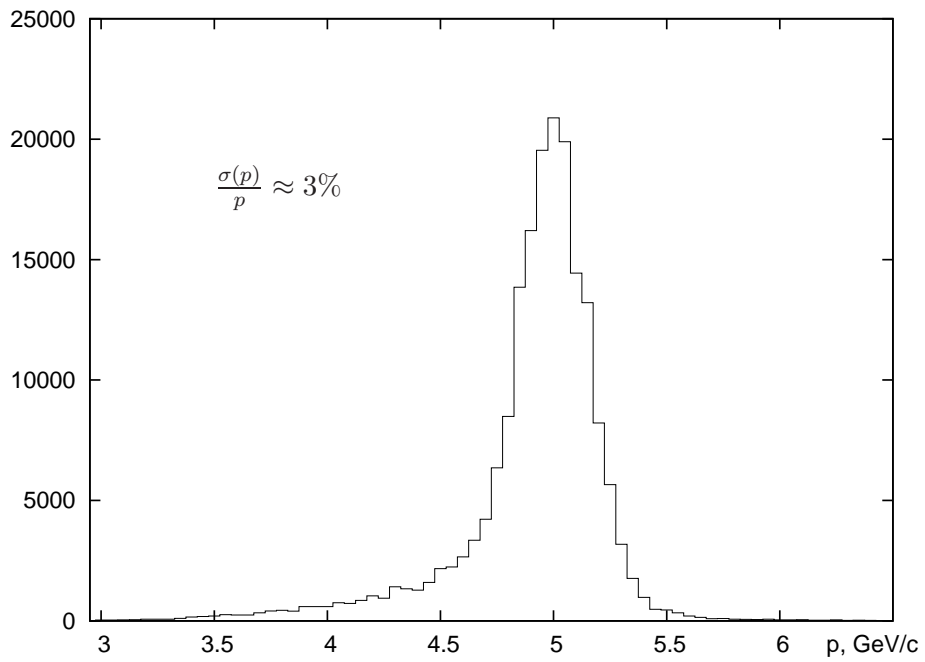


Рис. 23. Распределение по импульсу для пучка с $p = 5$ ГэВ/с. Размер бина 50 МэВ (данные 2008 г.).

Заключение

Запущены и протестированы пропорциональные камеры пучкового спектрометра установки «ОКА»: получены профили пучка, измерена эффективность регистрации частиц проволочками и катодными стрипами (95–100%), определено оптимальное значение напряжения питания (2200–2300 В).

Обнаружен и изучен эффект регистрации наведенного сигнала положительной полярности. В работе показано, что наведенный сигнал эффективно подавляется с помощью выставления «временных ворот».

С помощью пропорциональных камер пучкового спектрометра измерены пространственные характеристики пучков с импульсами 12,7 и 5 ГэВ/с: до магнита пучок слабо расходится (угловая расходимость $\sim 0,5$ мрад), после магнита расходимость увеличивается до ~ 2 мрад вследствие немонохроматичности пучка.

Измерено распределение по импульсам для пучков с импульсами 12,7 и 5 ГэВ/с. Разброс значений составляет 1,5 и 3% соответственно и обусловлен прежде всего немонохроматичностью пучка.

Работа осуществлена при поддержке РФФИ (гранты 07-02-00957-а и 06-02-16065) и поддержке государственной корпорации «Росатом» Н.4д.47.03.08.081.

Список литературы

- [1] Л.Г. Ландсберг. ЯФ, том 64, N10 (2001) 1811.
- [2] V.I. Garkusha et al. Preprint ИИЯП 2003-4, Протвино, 2003.
- [3] V.F. Obraztsov, L.G. Landsberg. Nucl. Phys. Proc. Suppl. 99B (2001) 257.
- [4] В.Н. Болотов и др. Препринт ИФВЭ 95-111, Протвино, 1995.
- [5] G. Anelli et al. CERN-SPSC-2004-029.
- [6] Б.Ж. Залиханов. Высокоскоростные проволочные камеры нового поколения и особенности развития в них газового разряда. Диссертация на соискание уч. степени доктора ф.-м.наук. – Дубна, 2006; E.M. Gushcin et al. Nucl.Instr.Meth. A, v351 (1994) 335.
- [7] Н.С. Иванова и др. Препринт ИФВЭ 2007-12, Протвино 2007.

Рукопись поступила 18 декабря 2008 г.

С.А. Акименко, В.Н. Болотов, Ю.В. Гилицкий и др.
Исследование пучкового спектрометра установки «ОКА».

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы **Л^AT_EX**.
Редактор Н.В. Ежела

Подписано к печати 19.12.2008 Формат 60 × 84/8. Офсетная печать.
Печ.л. 2,25. Уч.-изд.л. 2,4. Тираж 90. Заказ 3 Индекс 3649

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142281, Протвино Московской обл.

