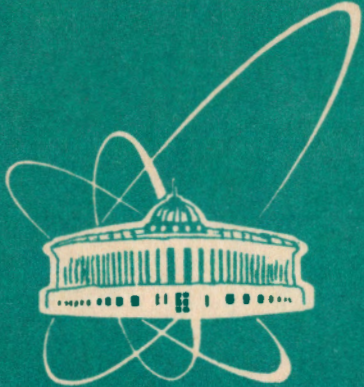


93-285



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-93-285

А.П.Нагайцев, С.Н.Пляшкевич, М.И.Соловьев,
Н.Г.Фадеев, А.П.Чеплаков

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЮОННОГО
ИДЕНТИФИКАТОРА УСТАНОВКИ ГИНС
В НЕЙТРИННОМ ПУЧКЕ УНК

1993

1. Введение

К числу первоочередных задач физики высоких энергий относится задача экспериментального обнаружения ряда частиц, являющихся необходимыми ингредиентами стандартной модели, претендующей на теорию сильных взаимодействий [1]. К таким частицам относятся хиггсовские бозоны, τ - нейтрино и t - кварк. Физическая программа исследований, обсуждаемая для нейтринных пучков УНК, включает в себя задачу зарегистрировать взаимодействия τ - нейтрино. Для этого предлагается многоцелевая спектрометрическая установка - Гибридный Нейтринный Спектрометр (ГИНЕС) [2]. Состав установки позволяет измерять характеристики вторичных частиц нейтринного взаимодействия, проводить идентификацию электронов, мюонов в широком диапазоне углов и импульсов. В рамках установки ГИНЕС возможно использование различных мишеней, что позволяет рассматривать ее как универсальную спектрометрическую установку для исследований нейтринных взаимодействий.

Целью настоящей работы является определение эффективности идентификации мюонов установки ГИНЕС на УНК с помощью мюонных идентификаторов, выполненных на основе дрейфовых трубок, разработанных в ОИЯИ [3].

2. Постановка задачи

Схема установки ГИНЕС приведена на рис.1. В рассматриваемом

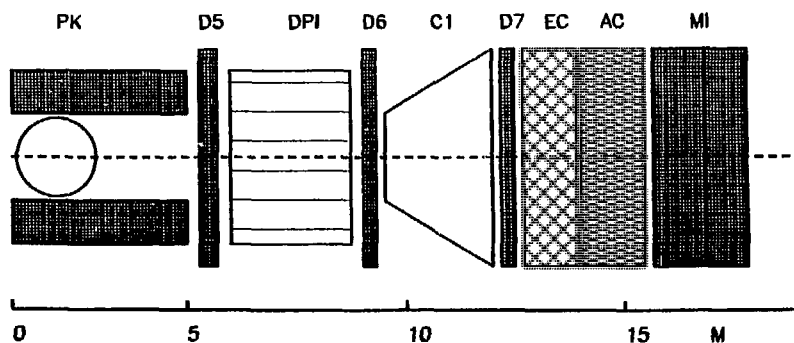


Рис.1. Схема установки ГИНЕС.

варианте в качестве вершинного детектора предполагается использовать пузырьковую камеру (ПК), помещенную в начало магнита (апертура магнита $1.5 \times 2 \text{ м}^2$, напряженность магнитного поля $\approx 20 \text{ кГс}$). ПК служит для регистрации короткоживущих частиц и измерения импульсов мягких заряженных частиц. Основная часть заряженных частиц регистрируется с помощью дрейфовых камер D1-D7, D1-D4 расположена в магните. Идентификация частиц осуществляется черенковским счетчиком C1, детекторами переходного излучения (DPI). Идентификация электронов и регистрация гамма - квантов осуществляется ячеистым электромагнитным калориметром (EC), энергия нейтральных адронов измеряется в адронном калориметре (AC).

Для идентификации мюонов служит мюонный идентификатор (MI), который состоит из мюонного фильтра и нескольких слоев дрейфовых трубок, расположенных в одной плоскости (рис.2а). Толщина мюонного фильтра до 1.5 м Fe, общее количество каналов дрейфовых

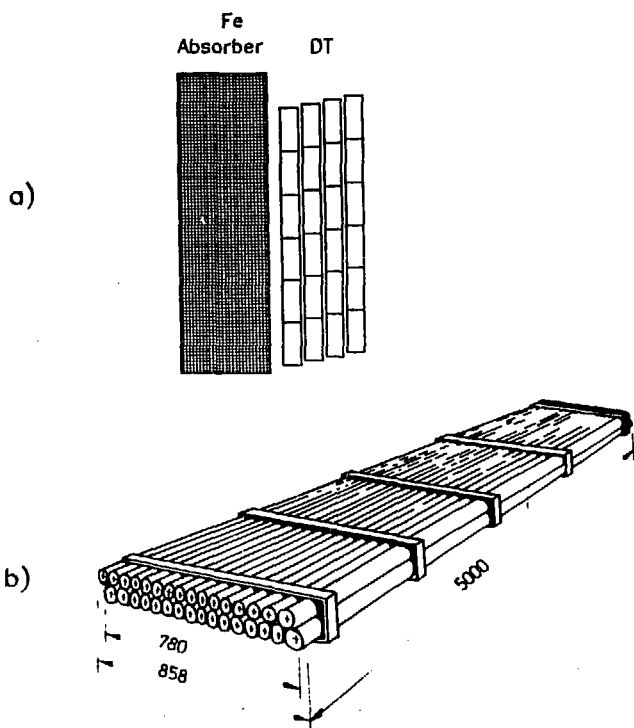


Рис.2. а)Схема мюонного идентификатора из дрейфовых труб .
 б)Эскиз модуля координатной плоскости из дрейфовых труб .

трубок около 800 . Каждая плоскость набирается из идентичных модулей , состоящих из 32 труб , плотно склеенных друг с другом в два слоя по 16 , сдвинутых на половину диаметра трубы . Эскиз модуля представлен на рис.2б .

Основной трудностью идентификации мюонов , рождающихся от нейтринных взаимодействий , является мюонный фон , не поглощенный защитой нейтринного канала . Оценки уровня такого фона составляют величину до 30 мюонов / (м² × 5 мкс)[4] . То есть при площади координатной плоскости 25 м² , диаметре трубы 5 см , скорости дрейфа ≈ 5 см/мсек и времени сброса 5 мксек число фоновых мюонов составит ≈ 750 на плоскость или ≈ 0.75 на канал . При таких фоновых условиях необходимо обеспечить идентификацию не хуже 95% .

3.Методика идентификации мюона

Предлагаемый способ идентификации мюонов в условиях большой фоновой загрузки основывается на высокой пространственной разрешающей способности детекторов на дрейфовых трубках . Предполагается , что пространственное положение треков , подлежащих идентификации, известно (Δx , $\Delta y \approx 100$ мкм) , известен и их импульс ($\Delta p/p \approx 1.5\%$) . То есть , с учетом многократного рассеяния и энергетических потерь в фильтре , известны координаты и направление частицы сразу после фильтра . Основная идея предлагаемого способа заключается в том , что при достаточном количестве слоев из дрейфовых труб , расположенных за фильтром , от истинного мюона (мюона из нейтринного события) сохранится не меньше двух отсчетов , через которые можно провести прямую до пересечения с плоскостью сразу после фильтра . Сравнение координат точек пересечения ΔZ и углов ΔB для мюонов от истинных отсчетов и от фоновых мюонов должны существенно отличаться . Таким образом , перебирая попарно все отсчеты из всех слоев труб , можно найти ту пару отсчетов , прямая через которые наилучшим образом "сшивается" с рассматриваемым треком (т. е. имеет наименьшие ΔZ и ΔB) . На рис.3 точками отмечено продолжение прямой от трека мюона , определенного координатной системой , расположенной до мюонного идентификатора , сплошной линией - прямая через два выбранных отсчета в дрейфовых трубках , двумя штриховыми линиями выделен "коридор" , обусловленный многократным рассеянием в фильтре .

Для практического использования предложенной процедуры необходимо определить оптимальные значения параметров ΔZ , ΔB в конкретных условиях . С этой целью было выполнено моделирование на

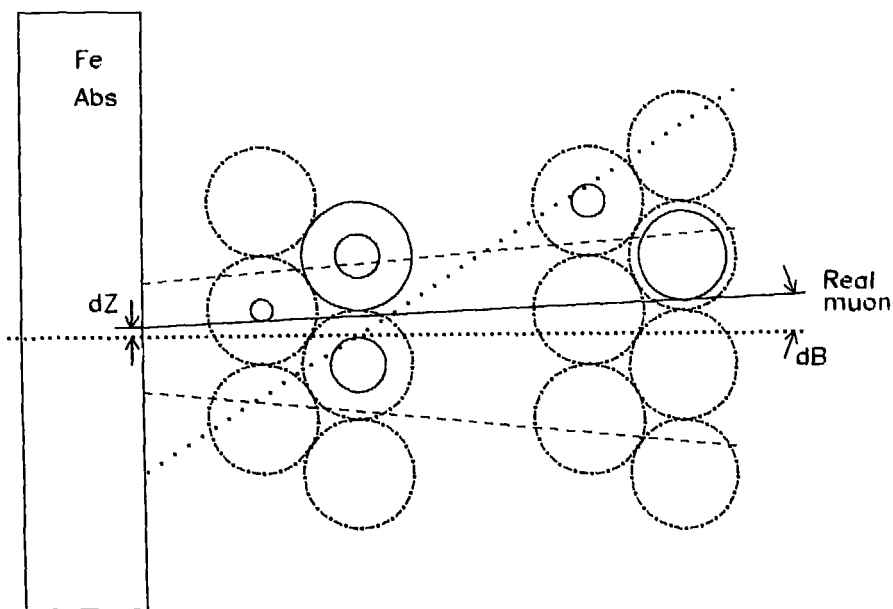


Рис.3 Схема "сшивания" треков для определения параметров ΔZ , ΔR .

ЭВМ нейтринных взаимодействий в геометрии установки ГИНЕС при различных фоновых условиях, достигающих максимального значения. При генерации событий учитывались геометрия установки, энергетический спектр нейтрино, кинематика глубоконеупругих взаимодействий, множественность частиц в адронном ливне, многократное рассеяние и энергетические потери в веществе. Особое внимание было уделено временной развертке события в фоновых условиях и появлению отсчета в дрейфовых трубах, т. е. учитывался принцип работы дрейфовой трубы вместе с электроникой считывания.

Для учета принципа работы дрейфовой трубы все фоновые мюоны равномерно разыгрывались не только по координате, но и по времени сброса. Также случайно выбиралось время триггера, связанного с мюоном из события. Если происходило попадание в одну трубу более одной частицы, то сохранялся отсчет того мюона, который с учетом времени по отношению к триггеру и координаты (т. е. времени дрейфа) попадал в интервал считывания ВЦП (время - цифрового преобразователя) первым. На рис.4 приведены временные диаграммы процессов в дрейфовой трубе с учетом работы электроники считывания. В трубу попадают три мюона, два из которых фоновые. Время попадания мюонов в трубу и время появления электронов на проволочке отмечены на верхних трёх диаграммах (начало прямоугольника - время попадания мюона в трубу, начало 'штриховки'

- время появления первого электрона на проволочке , длина прямоугольника - максимальное время дрейфа электронов) . Ниже отмечены временные отметки срабатывания усилителя - формирователя (ЭК - УФ) и время - цифрового преобразователя (TDC - 16) . В данном случае отсчет от истинного мюона сохраняется . В условиях малых нагрузок , обычно ограничиваются лишь рассмотрением расстояния от сигнальной проволочки в трубе до траектории мюона .

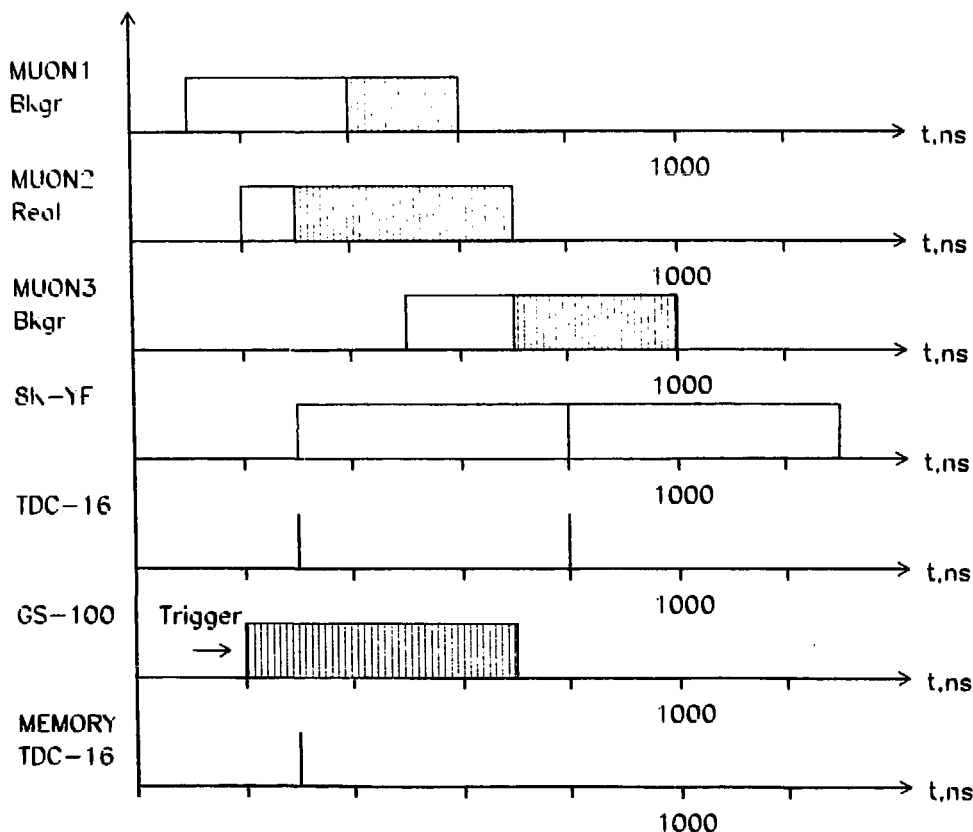


Рис. 4. Временная диаграмма импульсов в схеме считывания для случая прохождения через трубу более одной частицы .

4. Результаты

Основные расчеты эффективности идентификации мюонов установкой ГИНС в нейтринном пучке были выполнены для энергии протонов 500 ГэВ. С ростом энергии пучка протонов эффекты многократного рассеяния и ионизационных потерь мюонов для

фиксированной геометрии установки будут уменьшаться и при тех же фоновых нагрузках эффективность идентификации не должна уменьшаться.

На рис. 5 - 8 приведены результаты моделирования нейтринных взаимодействий в установке ГИНС. Импульсные спектры заряженных адронов и мюонов и распределение по множественности заряженных частиц от нейтринных взаимодействий в вершинном детекторе представлены на рис. 5 .

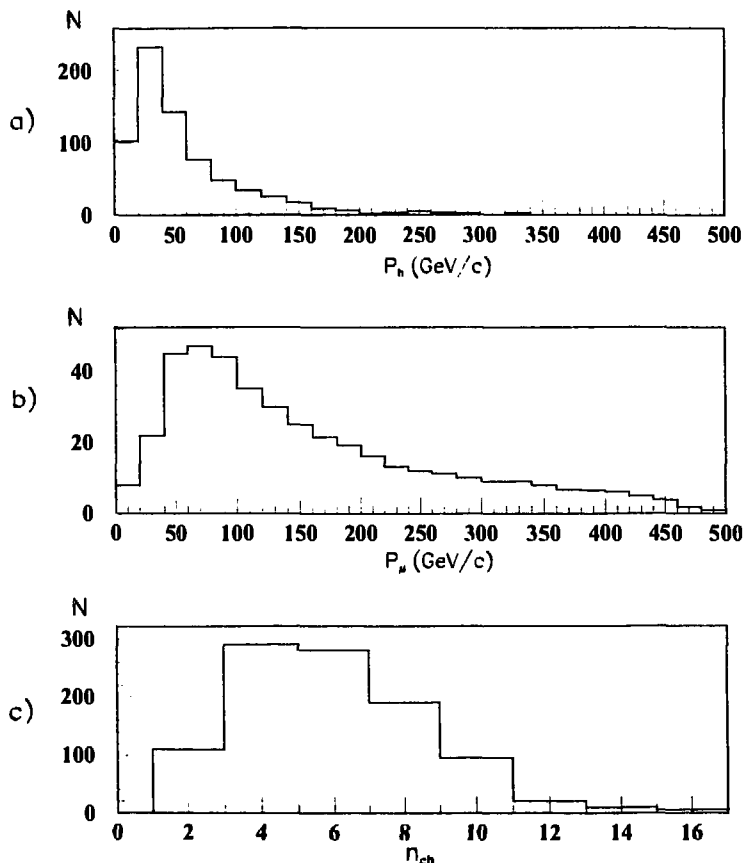


Рис. 5. а) Импульсный спектр заряженных адронов от нейтринных взаимодействий при энергии протонов 500 ГэВ.
 б) Импульсный спектр мюонов от нейтринных взаимодействий при энергии протонов 500 ГэВ.
 в) Распределение множественности заряженных частиц от нейтринных взаимодействий при энергии протонов 500 ГэВ.

На рис. 6 представлена зависимость доли мюонов, имеющих два и больше отсчетов в разных слоях из дрейфовых труб в зависимости от

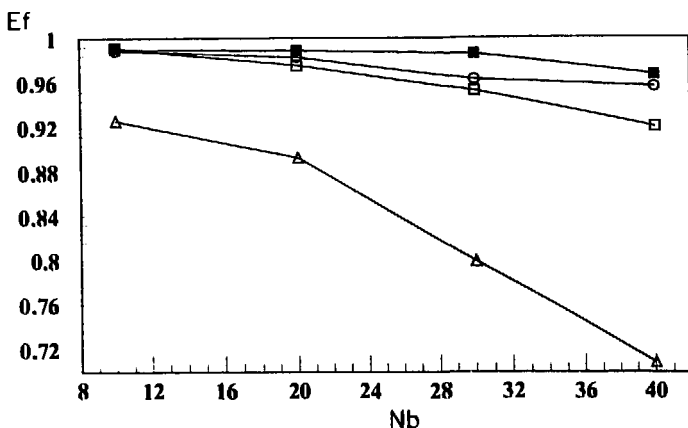


Рис. 6. Зависимость доли мюонов, оставляющих два и более отсчетов в μ -идентификаторе, от фоновой загрузки для случаев, когда за мюонным фильтром расположены: Δ - 2, \square - 4, \circ - 6, \blacksquare - 8 слоев из дрейфовых труб.

фоновой загрузки для разного числа слоев (2-8). Из рисунка видно, что с ростом фоновой загрузки доля истинных отсчетов уменьшается, но с ростом числа слоев при данном фоне - возрастает. Видно, что 8 слоев труб обеспечивают почти 100% вероятность зарегистрировать два истинных отсчета даже при максимальной фоновой загрузке.

Распределение основных параметров "стыковки" прямых от истинных мюонов приведена на рис. 7а, 7б (на рисунках открытыми символами указана доля случаев от фоновых отсчетов для адронных треков). Из полученных данных выбирались граничные значения параметров "стыковки" ($\Delta r_c, \Delta V_c$). Те треки, для которых находились два отсчета, удовлетворяющие $\Delta V < \Delta V_c$ и $\Delta Z < \Delta Z_c$, считались мюонами.

Полученная таким образом эффективность идентификации мюона в зависимости от его импульса представлена на рис. 8 и в таблице 1. Видно, что для импульсов мюонов, больших, чем 40 ГэВ/с, эффективность идентификации составляет $\approx 95\%$. При этом ложных мюонов, т. е. след от заряженного адрона принимается как мюон, составляет 3%. Из таблицы 1 также видно, что с ростом числа слоев из дрейфовых труб (от 4 до 8) выигрыш в эффективности идентификации незначителен (ϵ_μ - вероятность идентификации мюона, ϵ_H - вероятность идентификации адрона как мюон).

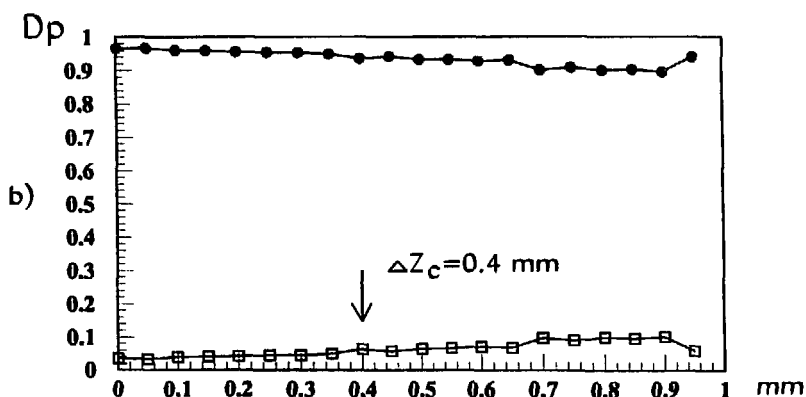
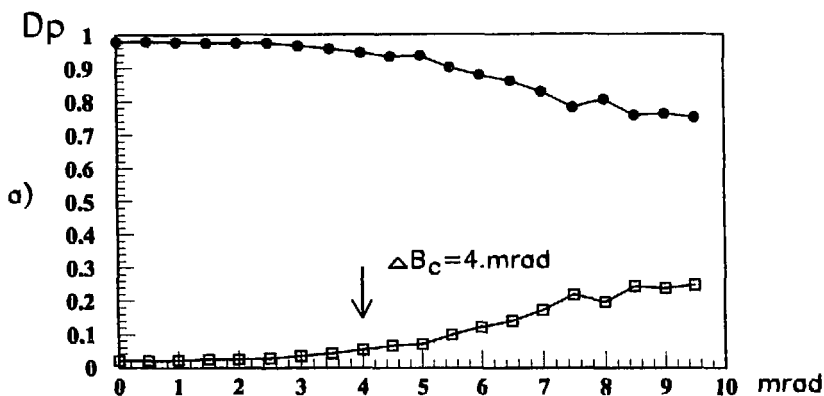


Рис. 7. Распределение доли треков D_p от мюонов и заряженных адронов от параметров "сшивания" (кружки - для мюонных треков, открытые символы - для адронных треков):

а) по разности углов ΔB ;

б) по разности координат ΔZ .

Таким образом, мюонный идентификатор, выполненный на основе дрейфовых труб диаметром 5 см, расположенных в 8 слоев за железным фильтром толщиной 1.5 метра, обеспечивает эффективность идентификации мюонов не хуже 95 %.

Авторы выражают благодарность за постановку задачи и полезные обсуждения т.т. В.В.Аммосову, В.В.Гащенко, В.В.Макееву.

Таблица 1

Число слоев дрейфовых труб	Интенсивность фона (мюонов/(м ² × 5 мкс))	ϵ_{μ}	ϵ_H
8	30	0.95±0.02	0.035±0.009
6	30	0.94±0.02	0.029±0.008
4	30	0.90±0.02	0.012±0.005
2	10	0.95±0.02	0.030±0.009

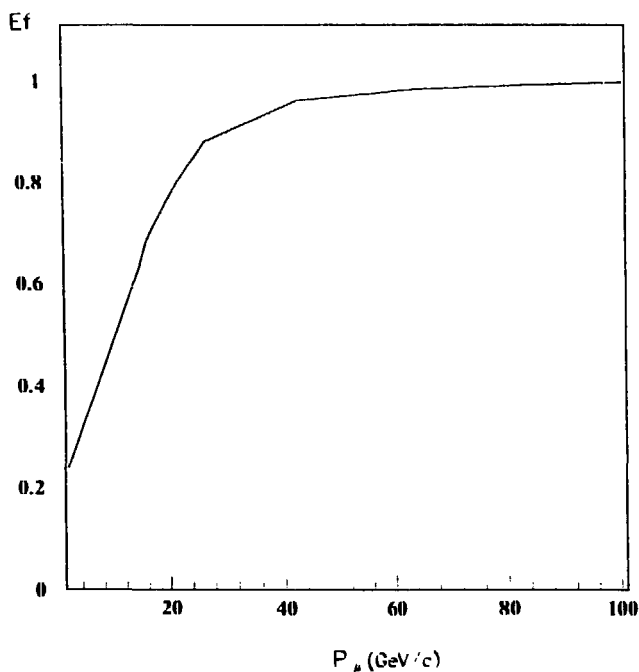


Рис. 8 Зависимость эффективности идентификации от импульса мюона (для случая 8 слоев дрейфовых труб).

Литература:

1. В.А.Царев , Нейтринные эксперименты в Тэвной области .
Материалы рабочего совещания по программе экспериментальных исследований на УНК , Протвино (сентябрь 1987 г.).
П.С.Исаев , В.А.Царев , ЭЧАЯ , 1990 , т. 21 , вып.1 , стр. 5 .
M.L. Perl , Properties of Leptons . Proceeding of the Int. Symposium on Lepton and Proton Interactions at High Energies , Stanford University (August 1989).
G.L. Kane , Gauge Bosons and Heavy Quarks ,
Proceeding of the 18 Summer Institute on Particle Physics (July 1990) , Stanford , California .
2. V.V. Ammosov , The Project of the Hybrid Neutrino Spectrometer (HYNES) Experiment .
Proceeding of the workshop "Physics at UNK" (March 1989) p.365
3. М.Винде , И.А.Голутвин и др. Координатные детекторы .
Труды международного симпозиума , Дубна , 1988 , стр.115 .
Н.И.Замятин , Препринт ОИЯИ 13-88-457 , Дубна , 1988
4. V.V.Ammosov et al. UNK Neutrino beams .
Proceeding of the workshop "Physics at UNK" (March 1989),p.94 .

Рукопись поступила в издательский отдел
22 июля 1993 года.