

ЕФИ-791(18)-85

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНФОРМАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПО АТОМНОЙ НАУКЕ И ТЕХНИКЕ**

С. Г. МАТИШИН

**ЭКСПЕРИМЕНТ АНИ: ЗАДАЧИ И СОСТОЯНИЕ
ДЕЛ ПО ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ**

доклад на заседании Научного совета АН СССР

1985 г.

1985 г.

ЕФЕВАИ-195

S.G.MATINYAN

EXPERIMENT ANI: PROBLEMS AND STATE OF THINGS

Basic problems of the experiment ANI are reported. The physical foundations of the experiment, the structure and composition of the ANI setup as well as the state of things in the construction of the setup are given. The paper is based on the author's report at the session of the Scientific Council of the Armenian Academy of Sciences on Nuclear Energetics and Technology.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1985

С.Г.МАТНЯН

ЭКСПЕРИМЕНТ АНИ: ЗАДАЧИ И СОСТОЯНИЕ ДЕЛ
ПО ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

В работе рассказывается об основных задачах эксперимента АНИ, даны его физическое обоснование, структура и состав установки АНИ, состояние дел по строительству объекта. В основу работы положен доклад автора на заседании Научного совета АН АрмССР по ядерной энергетике и технологии.

Ереванский физический институт

Ереван 1985

ВВЕДЕНИЕ

Обоснование необходимости АНИ

Современный период характеризуется бурным развитием физики высоких энергий, т.е. физики элементарных частиц. В этом процессе решающую роль играют ускорители высоких энергий. Богатейшая информация получена с e^+e^- колец в ДЕСИ, Стенфорде и Корнелле. Открытие W^- и Z^0 - бозонов с массой порядка 100 ГэВ на ускорителе $\bar{p} - p$ в ЦЕРНе (энергия 270+270 ГэВ) явилось убедительным подтверждением единой теории электромагнитного и слабого взаимодействий. Получены уникальные данные о характеристиках множественного рождения адронов при этой энергии, эквивалентной $1,2 \cdot 10^2$ ТэВ ($1 \text{ ТэВ} = 10^3 \text{ ГэВ} = 10^{12} \text{ эВ}$) в лабораторной системе, т.е. отвечающей ускорителю $p(\bar{p})$ со стационарной мишенью с энергией $1,2 \cdot 10^2$ ТэВ.

В СССР строится ускорительно-накопительный комплекс (УНК), первая очередь которого предусматривает создание ускорителя на 0,6 ТэВ со стационарной мишенью, а затем в режиме коллайдера $0,6 + 0,6$ ТэВ будет соответствовать ускорителю протонов с энергией $0,7 \cdot 10^3$ ТэВ в режиме со стационарной мишенью. Во второй очереди УНК предусмотрено в конечном счете столкновение

протонов с энергией $3 + 3$ ТэВ или в лабораторной системе — с энергией $1,8 \cdot 10^4$ ТэВ.

Наконец, в США серьезно рассматривается проект создания в будущем десятилетия протонного коллайдера $20 + 20$ ТэВ, что эквивалентно ускорению протонов на ускорителе со стационарной мишенью до энергии $0,8 \cdot 10^6$ ТэВ.

Все это ставит перед физикой космических лучей, изучающей ядерно-физический аспект (т.е. процессы столкновения и рождения частиц сверхвысоких энергий), сложные задачи.

С другой стороны, не надо забывать, что практически физика высоких энергий начиналась с изучения взаимодействий космических частиц с ядрами вещества (в Армении вся физика, можно сказать, началась исторически с физики космических лучей).

В физике космических лучей были открыты позитрон, мюон, пион, странные частицы (K-мезоны и гипероны).

В космических лучах (всюду в дальнейшем мы имеем в виду их ядерно-физический аспект, о котором говорилось выше) был обнаружен ряд важнейших физических закономерностей элементарного акта взаимодействия адронов высоких энергий, которые впоследствии (включая недавние эксперименты на коллайдере ЦЕРНа) были переоткрыты и перепроверены на ускорителях.

Имеется в виду:

- периферичность взаимодействия в основной массе событий (вторичные частицы с малым поперечным импульсом P_{\perp});
- почти постоянство (не падение!) полного сечения (неупругого) взаимодействия σ_{ln}^{tot} , его сравнительно медленный рост;
- постоянство среднего поперечного импульса в основной массе событий;

- малость передачи энергии во взаимодействии;
- закон масштабной инвариантности (скейлинг во фрагментационной области) (на современном языке; в космике это называлось однородностью спектров) в образовании быстрых частиц;
- кластеризация вторичных частиц (выделенность групп частиц по скоростям);
- пассивность быстрых вторичных частиц, образованных на ядрах;
- слабая зависимость коэффициента неупругости от атомного номера;
- слабый рост среднего поперечного импульса P_{\perp} с первичной энергией и массой рожденных частиц;
- рост с энергией средней множественности вторичных \bar{n} ;
- рост выходов протон-антипротонных пар и странных частиц с первичной энергией.

Мы видим, что физика космических лучей (ФКЛ) доставила уникальную информацию об элементарном акте взаимодействия. Можно смело сказать, что такая "рекогносцировочная" роль ФКЛ, заведомо существовавшая в прошлом, сохранится и в будущем: она должна исследовать то, что еще недостижимо для современных ускорителей. Но нельзя забывать при этом известные трудности (помимо активной энергетической конкуренции со стороны ускорителей) ФКЛ - малая интенсивность, случайность попадания частиц различной (неизвестной) природы на установки, незнание первичной энергии, необходимость измерять её.

Отсюда - часто лишь качественный характер эксперимента, неоднозначность его интерпретации, особенно при энергии, превышающей 10^2 ТэВ.

Что, тем не менее, остается для ФКЛ, скажем, к 1995 году?

С учетом того, что в коллайдерах будущего сталкиваются адроны (p, \bar{p}), это :

- адрон-ядерные взаимодействия с $E \geq 20$ ТэВ
(есть, правда, интервал 1990-1995 гг., где можно вырваться вперед и в $N-N$ - взаимодействиях);
- ядро-ядро взаимодействия с $E \geq 10$ ТэВ;
- вся физика мюонов с $E \geq 15$ ТэВ;
- астрофизические аспекты ФКЛ высоких и сверхвысоких энергий;
- новые явления, новые неизвестные масштабы энергий (расстояний) и новые частицы.

Вырисовывается и интервал энергий для ФКЛ будущего двадцатилетия: $10^3 - 10^6$ ТэВ. Нижняя граница этого энергетического интервала определяется проведенными ранее экспериментами в ФКЛ, существующими и планируемыми установками ($E \approx 10^2$ ТэВ) и ускорителями нового поколения. Верхняя граница диктуется круто падающим спектром космических лучей и реалистическими размерами детекторов.

Надо иметь в виду, что за год на квадратный метр площади падает всего одна частица с энергией, большей 10^4 ТэВ. Отсюда, с учетом того, что 1 м^2 информативной регистрирующей аппаратуры для таких энергий весит примерно 10 тонн, можно заключить, что эксперименты в области ФКЛ с использованием искусственных спутников или аэростатов не могут обеспечить требуемый интервал энергий: реально достижимая энергия для экспериментов с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ) не превышает 10^3 ТэВ, а аэростатов - 10^2 ТэВ.

Отсюда "почти теоремно" следует вывод, что эксперименты

ядерно-физического аспекта ФКЛ - это адронные наземные исследования (АНИ), проводимые - для обеспечения максимальной статистики - на горах: нетрудно видеть, что 10^4 событий в год с энергией, выше 10^4 ТэВ, обеспечиваются установками площадью порядка 10^3 м².

Упомянутая выше специфика эксперимента в ФКЛ, сложность акта множественного рождения ставят остро вопросы об информативности АНИ. С самого начала надо подчеркнуть, что речь идет не об относительно большей информативности АНИ по сравнению с другими установками меньшего размера.

Речь идет о задаче получения в одном эксперименте максимально полной, с точки зрения современной экспериментальной методики, информации о процессах взаимодействия частиц с энергией $10^3 - 10^5$ ТэВ с ядрами вещества. Решение этой задачи мы видим в комплексности АНИ: надо создать комплекс синхронно работающих установок разного типа, регистрирующих ливни и группы высокоэнергичных γ - квантов, электронов, мюонов, адронов, объединенных общим управлением, контролем автоматизированной системой сбора, обработки и хранения информации.

СТРУКТУРА АНИ

В ФКЛ четко выделяется три типа эксперимента:

- изучение отдельных компонент КЛ :
адроны, μ - мезоны, электронно-фотонная (ЭФ) - компонента;
- большие рентгеноэмульсионные камеры, изучающие γ - и адронные семейства с энергией, большей 30 ТэВ;
- гигантские установки по изучению широких атмосферных ливней (ШАЛ), $E = 10^2 - 10^8$ ТэВ.

АНИ - это стыковка всех трех типов эксперимента в одной многоцелевой установке - комплексе достаточно высокой эффектив-

ности, состоящем из автономных блоков с собственными задачами, дополняющих и (иногда) дублирующих друг друга. При этом, вопреки очевидной простоте установки, необходимо обеспечить простоту, надежность технических решений, стабильность работы в течение долгого времени и в суровых условиях высокогорья.

Три вышеупомянутых типа эксперимента определяют по критериям отбора физических явлений для регистрации и последующей обработки три основные части комплекса АНИ:

1. Центральная часть, можно сказать, "изюминка" комплекса, регистрирует все ШАЛ с $E > 2 \cdot 10^3$ ТэВ, ствол которых проходит через рентгеноэмульсионные камеры (РЭК), совмещенные с искровым калориметром (ИК) рекордной площади (40 x 40 м).

РЭК включает γ - блок, регистрирующий отдельные γ - кванты и γ - семейства с $E > 2$ ТэВ, и адронный блок, регистрирующий адроны с $E > 5$ ТэВ (или адронные семейства), испытавшие взаимодействие в ИК, измеряющем поток энергии ЭФ и адронной компонент. Он дает также сведения о пространственном распределении адронов в стволах ШАЛ с высокой точностью.

Уникальность АНИ как раз и состоит в обусловленной центральной частью возможности изучать состав и структуру стволов ШАЛ с $E \geq 10^4$ ТэВ.

2. Периферийная, ливневая часть (сцинтилляционная и газоразрядная методики) для изучения ЭФ ливней, сопровождающих ШАЛ. Ее основная задача - определение пространственных и угловых координат оси ливня и полное число электронов N_e в нем. Наиболее интересные задачи ФМЛ (состав первичного излучения, характер элементарного акта, информация о поперечных импульсах в актах сильного взаимодействия) могут здесь решаться лишь в сочетании с другими частями комплекса (ИК, РЭК, туннельная подземная часть).

Вместе с тем имеется ряд интересных вопросов, для решения которых достаточно информации с ливневой части.

Общая площадь, на которой размещается ливневая часть, $6 \cdot 10^4 \text{ м}^2$. Она включает в себя плотный ковер сцинтилляторов площадью $60 \times 60 \text{ м}$, покрывающий ИК, 16 групп сцинтилляторов по периметру центральной части (квадрат со стороной 70 м) и периферийные измерительные пункты регистрации плотности потока частиц с максимальным удалением от центра на 320 м .

Площадь сцинтилляторов и их количество определяется из расчета, чтобы в ливнях с минимальным числом частиц ($\sim 10^6$) в каждом пункте, отдаленном от центра до 160 м , регистрировалось несколько частиц. В сочетании с газоразрядными счетчиками это позволит иметь надежную информацию во всем интервале плотности частиц.

Взаимное расположение всех упомянутых пунктов регистрации оптимизировалось с помощью расчетов методом Монте-Карло. На рис. 1 приведено расположение наземных и подземных пунктов регистрации АНИ.

3. Мюонная (подземная) часть предназначена для решения широкого круга вопросов физики мюонов (см. ниже) и других возможных проникающих частиц с получением одновременной информации о всем ядерном каскаде в атмосфере от первых двух частей комплекса. Она состоит из двух подземных залов, в центральном ($10 \times 40 \text{ м}$) будет расположен магнитный спектрометр (МС) весом 3000 тонн с эффективной площадью $32,5 \text{ м}^2$.

По своду центрального зала и над спектрометром размещаются сцинтилляционные счетчики. На рис. 2,3 показана центральная часть комплекса вместе с подземной частью.

Таким образом, мы видим, что центральная часть комплекса АНИ (включая подземный зал) плотно заполнена детекторами для детального изучения ядерно-активных и проникающих каскадов по всей глубине их развития вблизи стволов ШАЛ.

Сочетание вышеприведенных трех частей комплекса обеспечивает охват всех возможностей результата попадания на границу атмосферы первичной частицы с энергией до 10^5 ТэВ.

Прежде чем перейти к перечислению основных задач комплекса АНИ, еще раз подчеркнем особенность, выделяющую комплекс АНИ среди других современных установок ядерно-физического аспекта ФЭИ - сочетание принципиально разных методов регистрации в наиболее информативной центральной части: электронных (ИК, МС, сцинтилляционные и газоразрядные счетчики, искровые и пропорциональные камеры) и эмульсионных (пассивных) (рентгеновские пленки, может быть, ядерные эмульсии). Это должно привести к многократному повышению информативности, достоверности и надежности.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ АНИ

Перечисленные особенности комплекса обеспечивают решение физических задач широкого спектра. Основными из них (подробнее см. проект эксперимента АНИ в [1], разработанный рабочими группами ФИАН СССР и Ереванского физического института) являются:

А. Множественная генерация частиц в адрон-ядерных столкновениях:

- измерение полного неупругого сечения адрон-ядерных столкновений σ_{in}^{tot} , изучение ее зависимости от энергии. Можно думать, что наличие нового, меньшего, чем 10^{-14} см, масштаба расстояний, характерного для физики микромира, скажется на поведении σ_{inel}^{tot} как функции энергии;

- изучение коэффициента неупругости (как полного K_{tot} , так и K_γ , характеризующего перекачку энергии в γ -кванты);
- исследование инклюзивных спектров во фрагментационной области (E- и A-зависимости);
- зависимость средней множественности \bar{n} от энергии в пионизационной области;
- распределение по множественности n для вторичных частиц с $E > 1$ ТэВ;
- измерение среднего поперечного импульса \bar{p}_\perp в пионизационной и фрагментационной областях;
- рождение генетически связанных струй с большими P_\perp в ШАЛ (многоствольность ШАЛ);
- состав вторичных частиц в зависимости от энергии первичной частицы.

Б. Физика мюонов:

- спектр мюонов в зависимости от размеров и расстояния от оси ливней;
- изучение прямых (т.е. не π и K - распадного происхождения) мюонов (E - зависимость, спектры);
- свойства мюонных групп (сечение рождения, средняя множественность, поперечные импульсы, энергетическая зависимость);
- мюоны с большими P_\perp ;
- сечение ядерных взаимодействий мюонов;
- корреляции прямых мюонов и пар мюонов с адронными струями, корреляции с аномалиями в развитии адронных каскадов;
- поиск новых проникающих тяжелых частиц (методом запаздывающих совпадений).

В. Явление аномального развития адронных каскадов (длинно-пробежная компонента), аномалии зарядового состава, проявления тяжелых частиц в каскадах, кварковая структура (?) в явлениях с большими P_{\perp} .

Г. Поиск экзотических явлений и частиц (тахiony, свободные кварки, монополи).

Д. Космофизические исследования (спектр КЛ, химический состав, вариации КЛ при высоких и сверхвысоких энергиях).

Заканчивая обзор физической части доклада, хотелось бы остановиться на одном важном аспекте будущего "взаимодействия" ускорителей нового поколения с установками типа АНИ. Конечной целью последних, как и ускорителей, является изучение элементарного акта. Однако на этом пути у ФКЛ имеется, в отличие от ускорителей, много проблем и, в первую очередь, это - незнание состава первичных частиц (ядра железа или только протоны?).

Таким образом, здесь имеется два важных неизвестных. Ускорители на энергию до 10^4 ТэВ дадут, несомненно, надежную информацию об элементарном акте до этой энергии. Имея её, можно "войти" в информацию КЛ, полученную АНИ, и вывести из неё информацию о зарядовом составе первичного космического излучения при этой энергии. Это придаст значительно большую надежность нашей (неизбежной) экстраполяции зарядового состава КЛ на энергии $10^4 - 10^5$ ТэВ, что, в свою очередь, позволит получить ценнейшую уникальную информацию об элементарном акте при этих энергиях.

Такое "взаимодействие" ускорителей нового поколения и гигантских установок ФКЛ представляется очень важным.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЗЛОВ КОМПЛЕКСА АНИ

Мы остановимся кратко на основных характеристиках узлов комплекса АНИ (подробнее см. [1]).

ИК АНИ (рис.4) имеет размеры $40 \times 40 \times 13,5$ м, вес примерно 20 000 тонн. Верхнюю часть его составляет гамма-блок, включающий два ряда рентгеновских детекторов и один ряд ионизационных камер, которые дают возможность измерять полную энергию ЭФ-компоненты ствола ШАЛ и "сливают" между собой события, зарегистрированные калориметром и рентгеновскими детекторами.

Затем идет генератор взаимодействия адронов (бетон или железо), рентгеноэмульсионный детектор и ряд ионизационных камер, составляющие вместе адронный блок. Далее (сверху вниз) располагаются калориметрические ряды, включающие наряду с веществом ионизационные камеры. Таких рядов должно быть столько, чтобы количество вещества соответствовало примерно 9 - 10 ядерным пробегам взаимодействия, что обеспечивает полное развитие ядерного каскада.

Параметры ИК оптимизированы методом Монте-Карло расчета картины развития в нем электронно-ядерного каскада (см.[1]). Таким же методом оценены точности измерения энергии адронной компоненты стволов ШАЛ и отдельных адронов, которые для интересующих нас энергий первичных частиц составляют (по энерговыделению) примерно 20%, начиная с достаточно малых энергий адронов (≥ 1 ТэВ).

Исследованы вопросы влияния порога регистрации ионизации и зазора между камерами на точность измерения.

Суммарный объем газа в 40-метровых (диаметр 25 см) камерах ИК примерно 2000 м^3 , поэтому вопрос о рабочем газе камер с эко-

номической точки зрения имеет решающее значение. Обычно используемый аргон по этим соображениям отпадает.

В результате проведенных исследований (см. [1]) было решено остановиться на азоте примерно в 1000 раз более дешевом, хотя, конечно, он уступает аргону по своим рабочим характеристикам (худшая ионизация (примерно в два раза), необходимость более высокой напряженности электрического поля насыщения). Однако такой компромисс вполне оправдан.

Мастерная система калориметра, отбирающая основной экспериментальный материал центральной части комплекса - стволы ШАЛ, выделяющая взаимодействия одиночных адронов высокой энергии в веществе калориметра и позволяющая провести поиск нетривиальных событий, описана в [1].

Как мы видели, самой характерной чертой центральной части АНИ, выделяющей её среди всех установок ФКЛ, является задача сочетания ИК с РЭК. Для отработки и поисков оптимального решения этой трудной задачи на станции "Арагац" недалеко от установки "Пион" с лета 1984 г. создается прототип центральной части АНИ (конечно, без подземной части), площадью 40x6 м, с рядами ионизационных камер ("толчковый ионизационный калориметр"), к концу 1985 года на нем начнутся работы по отработке окончательного варианта сочетания РЭК с ИК. Кроме того, он сможет решать автономные интересные научные задачи в сочетании с установкой "Пион".

В дальнейшем эта последняя установка (расширенный "Пион") органически войдет в состав комплекса, выполняя свою основную задачу: изучение адронной компоненты ШАЛ в зависимости от осилливня, что даст информацию о процессах рождения адронов с большими поперечными импульсами во взаимодействиях первичного адрона с энергией до 10^5 ТэВ с ядрами воздуха.

В комплекс АНИ предполагается в дальнейшем включить и существующую (и усовершенствованную к тому времени) установку станции космических лучей (СКЛ) для измерения вариаций космических частиц как низких, так и высоких энергий.

Комплексное изучение процессов ядерных взаимодействий и сопровождающих их многообразных явлений невозможно без детального исследования свойств мюонной компоненты.

Основной установкой АНИ – по крайней мере на первых этапах его становления и развития – будет магнитный спектрометр (МС), расположенный в центральном зале под ИК (см. рис. 2, 3), и "ковровые" годоскопы сцинтилляционных счетчиков, размещенных в центральном подземном зале, тоннеле и в двух периферийных пунктах на расстояниях 113 и 225 м от центра установки под слоем грунта одинаковой толщины (см. рис. 1).

Основу МС составляет беззазорный твердотельный магнит – замкнутый магнитопровод, набираемый из стальных листов толщиной 3 см. Общий вид магнита, сечения и основные размеры даны на рис. 5, 6. Стальные листы собираются в "пачки" в заводских условиях и тем самым обеспечивается удобная технология сборки магнита на месте, проведение пуско-наладочных и испытательных работ.

Основные технические характеристики создаваемого магнита: величина магнитной индукции не меньше 18 кГ, неоднородность магнитного поля в рабочей области – менее 5%, нестабильность тока магнита не более 0,2%, максимальная мощность – 300 кВт. Длина пути мюона в магнитном поле примерно 2 м.

На первом этапе в качестве регистрирующих детекторов предполагается использование широкозазорных искровых камер размером 3,25x2,5 м и искровым промежутком 2x25 см с оптическим

сьемом информации. В последующем искровые камеры будут заменены на дрейфовые.

Такая система МС даст возможность обеспечить изучение энергетических, пространственных, временных и структурных распределений мюонов высоких энергий, а также возможность изучения горизонтального потока (а при необходимости и потока снизу) мюонов.

На втором этапе развития комплекса МС будет дополнен параметром (см. рис. 2) – установкой калориметрического типа, сложенной проволочными газоразрядными или пропорциональными камерами весом до 1,6 тыс. тонн и площадью основания 100 м^2 , что существенно расширит спектр задач мюонной физики комплекса АНИ.

В настоящее время в основном выбраны оптимальные параметры этой установки (см. [1]).

Несколько слов об автоматизированной системе научных исследований АНИ (АСНИ АНИ), без которой немислимо функционирование такой сложной многоцелевой установки, какой является АНИ.

АСНИ должна учитывать основные особенности комплекса [1]:

- большое разнообразие типов детекторов (ионизационные камеры, сцинтилляционные счетчики, черенковские детекторы, газоразрядная методика, рентгеновские пленки, трековые детекторы и т.д.);
 - разнообразие поступающей и используемой информации от детекторов (амплитуда, время, форма сигналов, координатное слежение почернение рентгеновских пленок);
 - большое количество детекторов и каналов регистрации, беспрецедентное для исследований в ФКЛ (около 22 тысяч, в том числе около 2,4 тысяч каналов амплитудного анализа);
- информационная емкость отдельного события (около $6 \cdot 10^4$ бит

при средней регистрации событий порядка 1 мизн^{-1});

- размещение детекторов на значительной площади (300м x 500м);
- суровые климатические условия Арагаца;
- необходимость длительной эксплуатации;
- удаленность комплекса от базовых вычислительных центров.

АСНИ АНИ имеет двухуровневую структуру; высший уровень ее составляет центральная ЭВМ, роль которой на первом этапе развития комплекса будет выполнять ЭВМ СМ-4; на низшем уровне будут использованы периферийные микро-ЭВМ (типа "Электроника-60"), радиально связанные с ЭВМ высшего уровня. Периферийные ЭВМ будут располагаться вблизи групп детекторов комплекса и связываться с ними с помощью систем КАМАК.

Подробнее об АСНИ АНИ можно узнать в [1].

СОСТОЯНИЕ ДЕЛ ПО СОЗДАНИЮ КОМПЛЕКСА АНИ

Началу строительства АНИ предшествовал период научной и научно-организационной деятельности, которая, естественно, не прекращается и сегодня.

Физическое обоснование и предварительный проект эксперимента АНИ [2] (1979 г.), предложенный ФИАН СССР и ЕрФМ, рассматривался и был поддержан на ряде представительных совещаний, конференций и семинарах, в Отделении ядерной физики АН СССР, в секции физико-технических наук АН СССР, в Президиуме АН СССР и Арм.ССР, в ИКАЭ СССР, принято (1981 г.) совместное решение ИКАЭ СССР и АН СССР о создании комплекса, в том же году утвержден координационный план работ по АНИ, утверждено технико-экономическое обоснование комплекса АНИ (1981 г.). Предложение [2] обсуждалось на международных конференциях по физике космических лучей в 1979 г. (Киото), 1981 г. (Париж), 1983 г. (Бангалор, Индия).

Выдан (Армгипротранс) технико-рабочий проект подземной части комплекса, завершается аналогичная работа в отношении наземной части центрального узла (ИК, РЭК).

НИИЭФА утвержден проект магнита АНИ, разработанный совместно ЕрФИ и ХГУ.

Строительная организация (Армгидроэнергострой Минэнерго СССР) завершила практически подземные работы по строительству открытым способом и перекрытию обоих подземных залов, начата разработка ямы под магнит АНИ.

К концу 1984 г. выполнено земляных работ в объеме 50 тыс.м³, из них 30 тыс.м³ взрывным способом.

Уложено 3,5 тыс. тонн бетона.

Фотография на рис. 7,8 иллюстрирует различные этапы строительства подземного комплекса. На Ждановском заводе металлоконструкций собираются в блоки стальные листы магнитопровода, которые перебрасываются в Ереван. Как уже сказано, в 1984 г. начаты работы по созданию прототипа центральной наземной части АНИ до отработки сочетания ИК с РЭК.

Идет комплектация электронной аппаратуры, состава АСНИ АНИ и т.п.

В Подмоскowie и в Армении (п. Нор-Амберд) проведено 7 рабочих совещаний по разработке различных узлов комплекса, по материалам этих совещаний издано 5 выпусков ВАНТ (серия "Техника физического эксперимента"). В 1982 году издан подготовленный всеми рабочими группами по разработке различных узлов комплекса АНИ, укомплектованными ведущими сотрудниками ФИАН СССР и ЕрФИ, детальный проект эксперимента [I], на который мы часто ссылались.

Проект содержит физическое обоснование эксперимента, раз-

работки отдельных узлов (ИК, РЭК, МС, ПМ, ливневая периферийная часть). В нем даны новые методические разработки отдельных узлов комплекса и его электроники, результаты математического моделирования прохождения космического излучения через атмосферу, вещество и детекторы установок, теоретические оценки возможности наблюдения редких явлений, вопросы автоматизации и контроля комплекса.

По материалам АНИ выполнено и опубликовано свыше 100 оригинальных работ.

Таким образом, проделана большая работа по реализации уникального эксперимента ФЮЛ - АНИ, но, как видно из настоящего сообщения, неизмеримо больше надо сделать, чтобы ученые страны получили в свое распоряжение уникальную установку по исследованию явлений микромира.

Залогом успешного решения этой трудной задачи является решимость двух больших научных коллективов решить стоящие перед ними сложные проблемы.

Настоящая статья основана на докладе, с которым автор выступил на заседании Научного совета АН Армянской ССР по ядерной энергетике и технологии по инициативе академика АН АрмССР А.М.Петросьянца, которому он приносит признательность за внимание, постоянную поддержку и интерес к работе.

Автор признателен А.А.Васильеву за интерес к работе и поддержку. Он благодарен многочисленным коллегам по АНИ и особенно А.Ц.Аматуни, Э.А.Мамиджяну, С.И.Никольскому, Е.И.Тукишу и Е.Л.Фейнбергу за многочисленные обсуждения, советы и помощь на протяжении многих лет совместной работы.

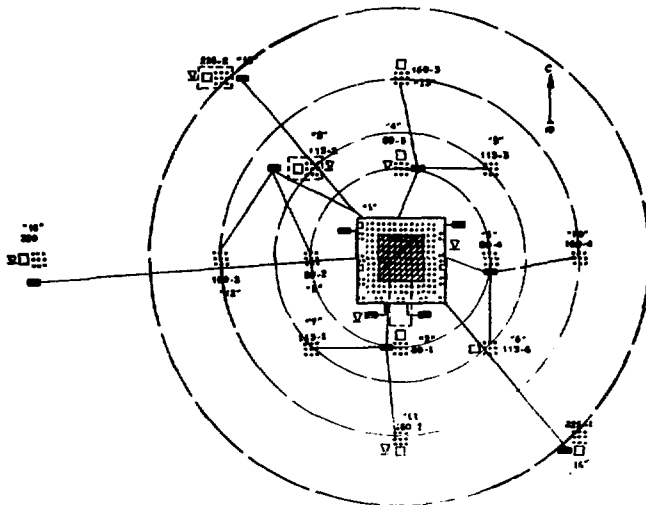


Рис.1. Расположение наземных и подземных пунктов регистрации установки АН1 : - сцинтилляторы, ● - годоскоп газоразрядных счетчиков, К- калориметр; ! [] - подземные помещения, ЦК - центральный корпус; ПЗ-2"8" - пункт № 2 на расстоянии ПЗ м от центра установки, здание № 8, ■ - ЭВМ "Электроника-60" и линии связи, ▽ - черенковские детекторы.

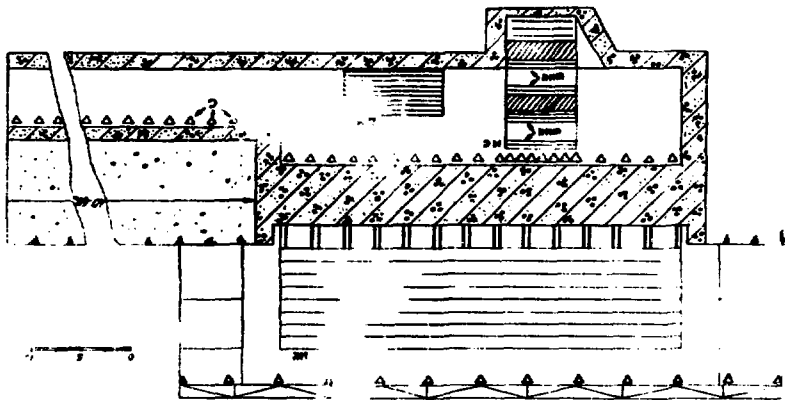


Рис.2. Относительное расположение наземной и подземной частей комплекса АН1.

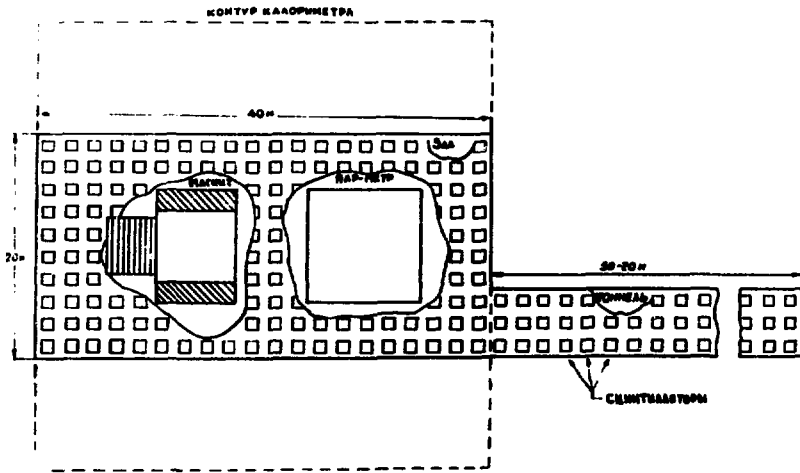


Рис.3. План подземной лаборатории.

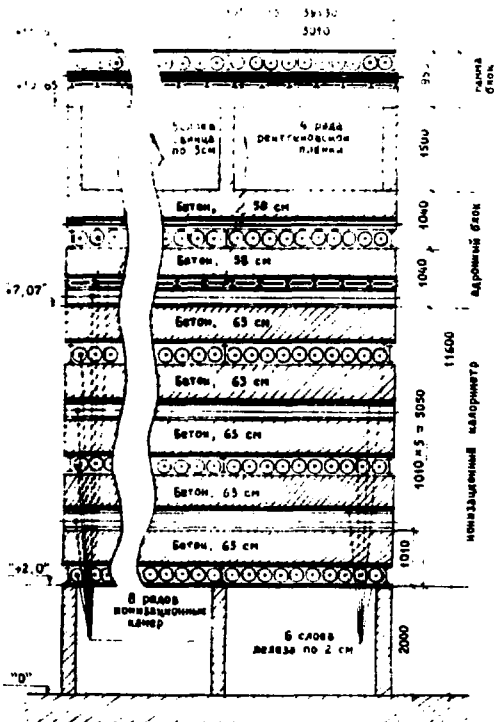


Рис.4. Общий вид КК.

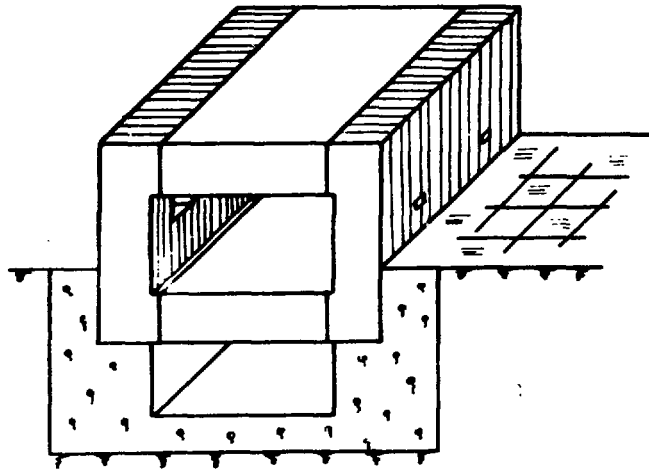
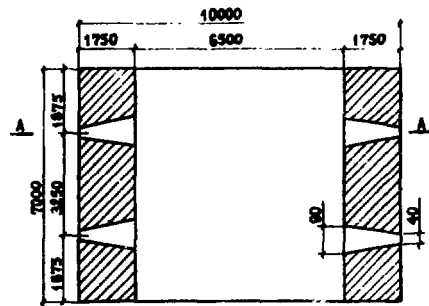
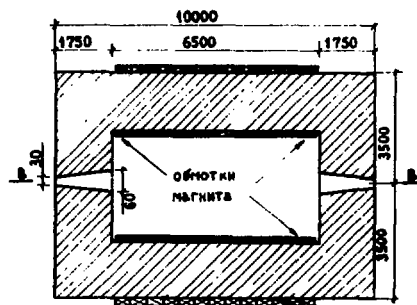


Рис.5. Общий вид магнита.



а)



б)

Рис.6. Сечения магнита и его основные размеры: а) вид сверху; б) вид сбоку.



Рис.7. Фотография , иллюстрирующая начало перекрытия котлована центрального подземного зала, 1983 г.



Рис.8. Фотография, иллюстрирующая перекрытие и сочлененные подземные залы № I и № 2, 1984 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проект эксперимента по исследованию взаимодействий адронов в области энергий $10^3 - 10^5$ ТэВ (эксперимент АНИ), коллектив авторов ФИАН СССР, ЕрФМ, Известия АН Армянской ССР, Физика, 1982, т.17, в.3-4, с. 129-232.
2. С.И.Никольский, Е.И.Тукиш, Е.Л.Фейнберг, А.Ц.Аматуни, Э.А.Мамиджян, С.Г.Матинян Исследование взаимодействий адронов и ядер космического излучения при энергиях $10^3 - 10^5$ ТэВ (проект эксперимента АНИ), Препринт ЕФМ-358(16)-79, Ереван 1979.

Рукопись поступила 28 февраля 1985 г.

С.Г.МАТИНЯН

ЭКСПЕРИМЕНТ АНИ: ЗАДАЧИ И СОСТОЯНИЕ ДЕЛ ПО ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Редактор Л.П.Мукалян

Технический редактор А.С.Абрамян

Подписано в печать 24/У-85г. ВФ- 00922 Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд.л. 2,0 Тираж 299 экз. Ц 30 к.

Зак. тип. № 220

Индекс 3624

Отпечатано в Ереванском физическом институте

Ереван 36, Маркаряна 2

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ