

С 3496
А-458



1435/2-75

14/10 75

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ОТДЕЛ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

16 - 8583

В.Е.Алейников, В.П.Гердт, М.А.Игнатенко, В.И.Цовбун

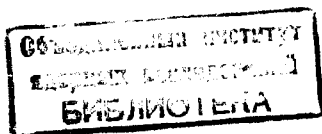
РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА
В РАЙОНЕ КАНАЛА МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА
ПРОТОНОВ ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА
НА ЭНЕРГИЮ 10 ГЭВ

Дубна 1975

16 - 8583

В.Е.Алейников, В.П.Гердт, М.А.Игнатенко,
В.И.Цовбун

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА
В РАЙОНЕ КАНАЛА МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА
ПРОТОНОВ ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА
НА ЭНЕРГИЮ 10 ГЭВ



Большинство современных циклических ускорителей оборудовано системами вывода первичного пучка из камеры ускорителя. Каналы выведенных пучков существенно увеличивают возможности проведения физических экспериментов. Однако эффективная и безопасная работа на этих каналах требует проведения мероприятий по радиационной безопасности: биологической защите, дозиметрическому контролю, организации безопасной работы персонала. Для экономически оправданного осуществления этих мероприятий необходима информация о потере пучка по тракту вывода, основных источниках, составу и уровнях излучения. В настоящей работе такая информация получена в районе канала медленного вывода протонов из синхрофазотрона на энергию 10 ГэВ.

Пучок протонов с энергией 10 ГэВ выводился из синхрофазотрона системой медленного вывода^{/1/} и транспортировался в экспериментальный зал по каналу, соосному с ловушкой протонов /рис. 1/. Экспериментальный зал отделен от зала синхрофазотрона 8-метровой бетонной стеной, через амбразуру которой проходит транспортирующий тракт. Выведенные протоны фокусировались системой магнитных линз /2OK200, 2OK100/ и поглощались "ловушкой". Измерения проводились при двух вариантах защиты тракта:

а/ тракт частично защищен бетонными блоками, корпусами магнитов и линз /рис. 2а/,

б/ усилена боковая защита и установлена 70-сантиметровая бетонная защита сверху /рис. 2б/. В случае а/ также моделировалась опасная /в радиационном смысле/ аварийная ситуация, когда отключалась первая из фокусирующих линз 2OK100.

Расположение точек измерений и монитора относительных измерений интенсивности выведенного пучка показано на рис. 1. Характеристики приборов, использованных в работе, указаны в табл. 1. В качестве монитора использовался пропорциональный ВФ₃-счетчик в замедлителе. Эквивалентные дозы нейтронов с энергией менее 10 МэВ измерялись детектором медленных нейтронов с четырьмя шаровыми замедлителями^{/3,6/}. Энергетические распределения эквивалентной дозы нейтронов восстанавливали по показаниям детектора медленных нейтронов с шаровыми полиэтиленовыми замедлителями диаметрами 2, 3, 5, 10, 12 дюймов /спектрометр Боннера/^{/2/}. При обработке результатов измерений использовались уточненные функции чувствительности^{/7/}. Восстановление энергетических распределений проводилось методом статистической регуляризации^{/8/}, описанным в применении к спектрометру Боннера в работе^{/9/}.

Эквивалентная доза нейтронов с энергией более 20 МэВ определялась по наведенной активности углерода в толуоле^{/5/}. Коэффициент перехода от потока к дозе принимался равным $0,20 \frac{\text{мбэр}}{\text{час}} / \frac{\text{нейтрон}}{\text{см}^2 \text{с}}$.

Детекторы из полистирола со сцинтиллирующими добавками использовались для определения потерь протонов по транспортирующему тракту. Они размещались на высоте 15 см над пучком протонов. Активация углерода в детекторах обусловлена вторичными частицами, образующимися в результате взаимодействия части протонов, потерянных при транспортировке, с деталями магнитов и линз, а также с воздухом. Пренебрегая вкладом в активацию детектора частиц, вылетевших под углами более 90°, показания его можно записать:

$$\Phi = \int_0^{z_0} s(z) \cdot k(z) dz, \quad /1/$$

где $S(z) dz$ - число протонов, потерянных при транспортировке на участке тракта от z до $z + dz$; $k(z)$ - нормированный на один потерянный протон вклад в активацию детектора от протонов, потерянных на участке

тракта от z до $z + d$; z_0 - координата точки тракта, над которой расположен детектор. Согласно^{/10/} функция $k(z)$ имеет вид:

$$k(z) = A \cdot \exp \left[- \frac{(z_0 - z)}{\lambda} \right], \quad /2/$$

где $\lambda = 6$ м.

С целью определения константы A в пучок протонов устанавливалась мишень с определенным числом ядер /железный цилиндр диаметром 4 см, толщиной 2 см/. Над мишенью на высоте 15 см устанавливался детектор и определялись его показания, обусловленные частицами, образовавшимися в мишени. Искомая константа выражалась как

$$A = \frac{\Phi_M - \Phi_\phi}{P},$$

где Φ_M - показания детектора с установленной мишенью; Φ_ϕ - показания детектора без мишени; P - рассчитанное число неупруго взаимодействовавших протонов в мишени.

Система уравнений типа /1/ с ядром /2/ для 8 детекторов решалась с использованием программы, которая применялась для восстановления энергетических распределений нейтронов по показаниям спектрометра Боннера. Восстановленная функция потерь протонов по тракту представлена на рис. 3. Основные потери происходят в районе коллиматора УК-4 у входа в фокусирующие линзы. Ошибка восстановления функции потерь не позволяет выделить потери протонов в деталях тракта на фоне потерь в воздухе на участке тракта за фокусирующими линзами. Усредненные по 10-метровому участку тракта потери составили 0,45% на один метр тракта, из них примерно 0,1% обусловлено потерями в воздухе.

Результаты измерений мощностей эквивалентных доз нейтронов с энергиями $10^{-1} - 10^7$ эВ представлены в табл. 2. Пространственное распределение мощностей эквивалентных доз за защитой тракта имеет характерную "теневую" картину поля рассеянного излучения за барьером, /точки 1-4/, выраженную в большей степени при отсутствии защиты тракта сверху. Аналогичный характер пространственного распределения поля излучения наблю-

дается за "ловушкой" в направлении падения пучка протонов /рис. 4/. Мощности эквивалентных доз нейтронов, измеренные за защитой над пучком протонов, представлены на рис. 5. Первый пик мощности дозы над ловушкой объясняется накоплением вторичных частиц вследствие развития межъядерного каскада при гашении пучка в ловушке, а второй связан с локальным ослаблением защиты ловушки в месте расположения пика.

Анализ пространственных распределений уровней излучений показывает, что в последнем варианте защиты /рис. 2б/ в экспериментальном зале вклады в полную мощность эквивалентной дозы излучения, прошедшего через боковую поверхность защиты, и излучения, прошедшего через верхнее перекрытие, сравнимы по величине.

На рис. 6 приведены результаты восстановления энергетических распределений нейтронов в нескольких местах экспериментального зала. Распределения показывают значительное колебание соотношения дозы нейтронов с энергиями менее и более 1 МэВ. Это указывает на желательность применения здесь дозиметра, регистрирующего нейтроны широкого диапазона.

Результаты проведенных исследований будут использованы на строящемся сейчас комплексе сооружений медленного вывода частиц из синхрофазотрона ОИЯИ при выборе мест и методов стационарного, оперативного и индивидуального дозиметрического контроля вблизи канала вывода протонов.

Авторы благодарят А.Д.Никитина и В.Г.Жбанкова за помощь при проведении измерений, а также М.М.Комочкова за постоянное внимание к работе и ценные замечания.

Таблица I

Характеристики приборов, использованных в работе

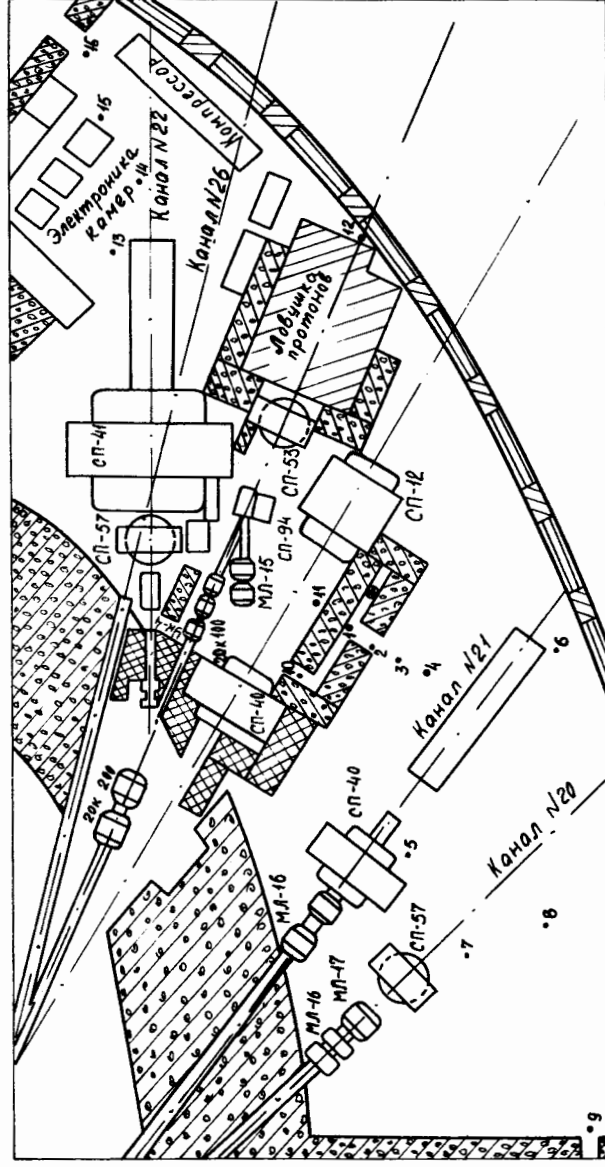
№ : ИИ : ИИ :	Наименование прибора или детектора	Энергетический диапазон, эВ	Диапазон измеримой величины	Размерность измеряемой величины
1.	Спектрометр Боннера /2/	$10^{-2} - 1,6 \cdot 10^8$	0,1 + 2.10 ³	мбэр/час
2.	Детектор медленных нейтронов с четырьмя парами замедлителей /3/	$10^{-1} - 10^7$	0,1 + 2.10 ³	мбэр/час
3.	Пропорциональный BF ₃ -счетчик в цилиндрическом замедлителе с толщиной стенки 12 см /4/	0,5 + 1,4.10 ⁷	0,01 - 5.10 ²	мбэр/час
4.	Активационные детекторы ¹² C(x,n) ¹³ C /5/	> 2.10 ⁷	> 1	н/см ² сек

Таблица 2

Мощности эквивалентной дозы нейтронов с энергией $10^{-1}-10^7$ эВ* в экспериментальном зале, интенсивность пучка протонов 10^{10} протонов/сек.

Номер точки:	Мощность эквивалентной дозы, мбэр/час	: Номер точки:	Мощность эквивалентной дозы, мбэр/час	: Аварийная ситуация, защита:		: Аварийная ситуация, защита (рис. 2а)	
				: Защита (рис. 2а)	: Защита (рис. 2б)		
1	85±14	36±6	250±40	9	6±1	3,8±0,6	27±4
2	126±20	35±7	290±40	10	182±29	-	372±60
3.	120±19	39±6	258±41	11	438±70	747±119	1066±170
4.	76±12	28±4	223±36	12	117±28	13±2	183±29
5.	57±9	15±3	188±30	13	-	20±3	-
6.	63±10	23±3	200±32	14	-	16±3	283±45
7.	30±5	8,3±1,3	113±18	15	-	15±3	-
8.	27±4	7,2±1,2	88±14	16	-	8,7±1,5	150±24

х) Во всех местах за защитой тракта (кроме 11) мощность эквивалентной дозы нейтронов с энергией более 20 МэВ составила менее 0,4 мбэр/час.



Р и с.1. План экспериментального зала и места измерений.

М=1:200. ⊗-обозначено положение монитора.

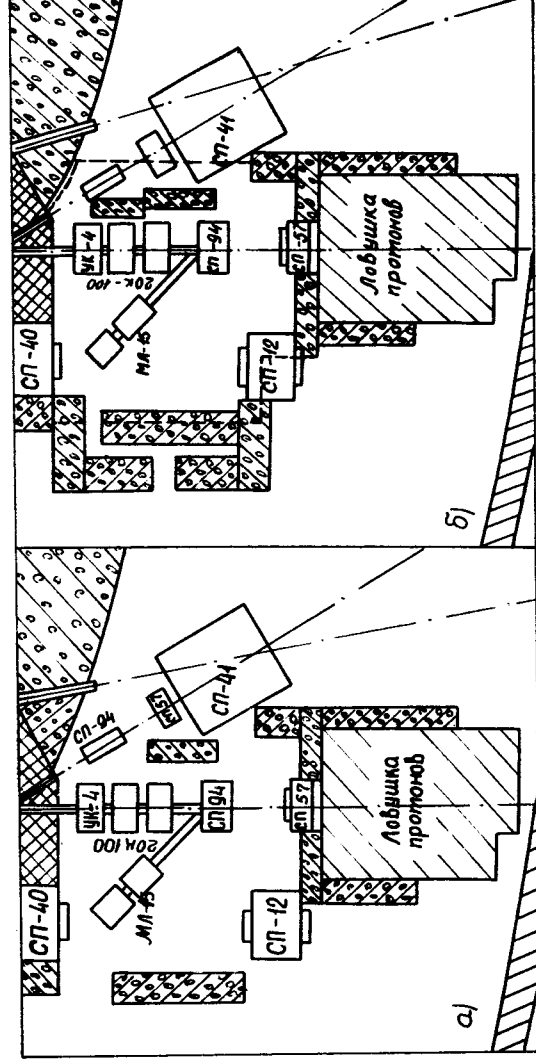


Рис. 2. Расположение защиты протонного тракта:

а) тракт защищен частично;

б) защита усилена (--- обозначено положение 70-сантиметрового бетонного перекрытия).

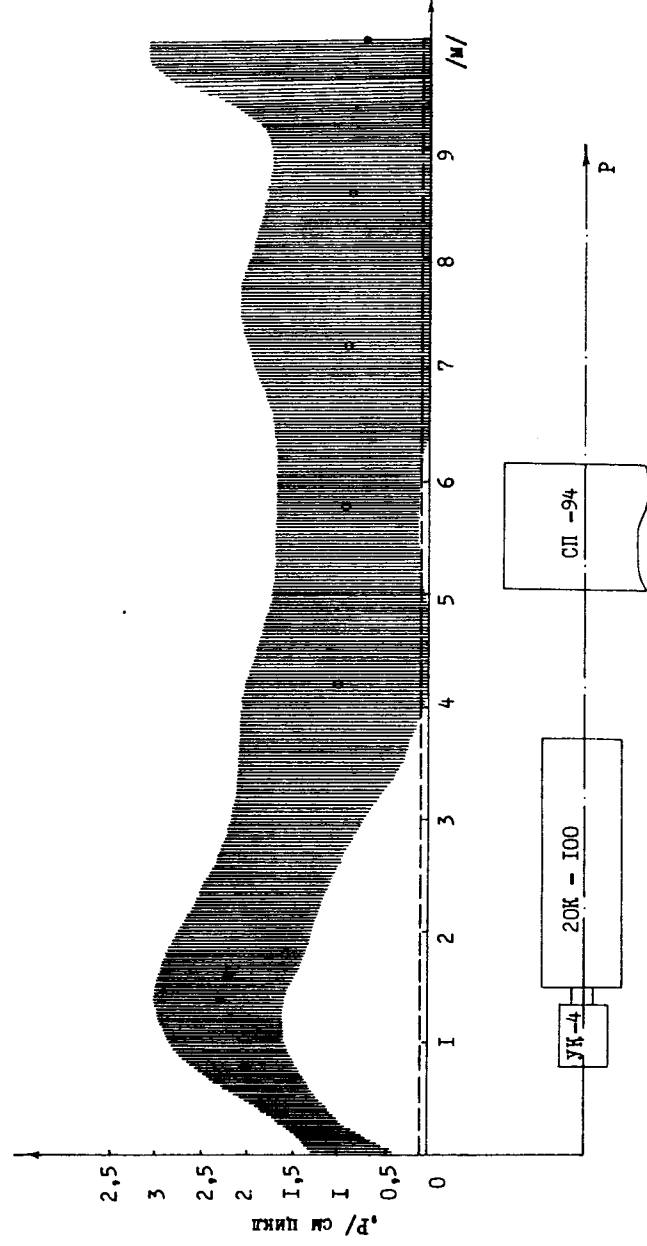


Рис. 3. Потери протонов по транспортируемому тракту, в режиме свободной проводки пучка в ложушку.

о - обозначено значение активностей углеродных детекторов, относительные единицы

--- - потери протонов в воздухе.

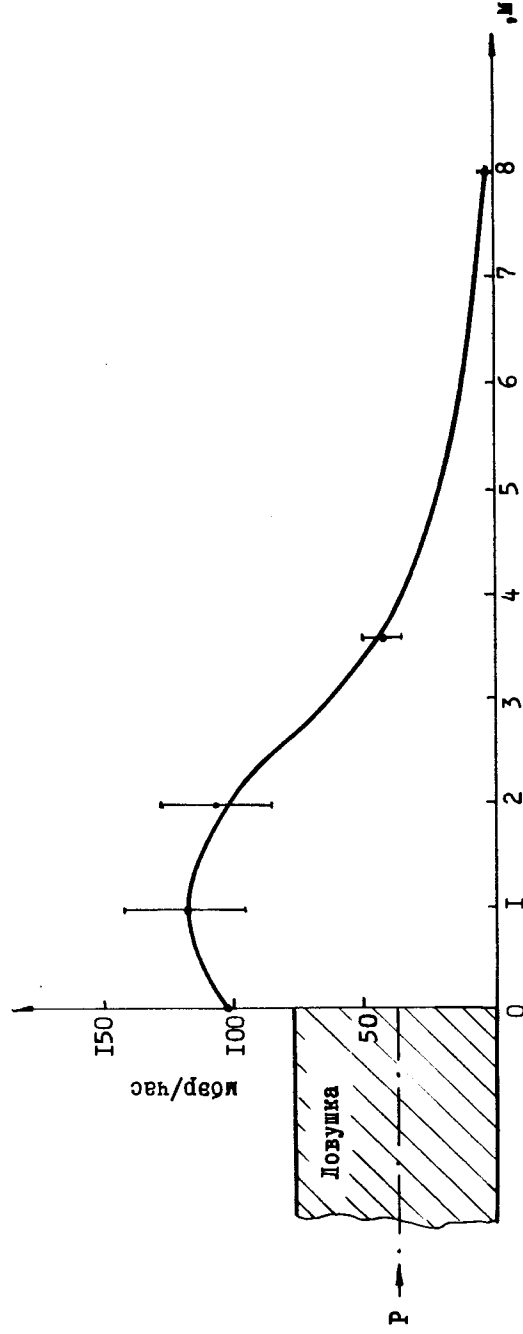


Рис.4 Распределение мощности эквивалентной дозы нейтронов за ловушкой; интенсивность выведенного пучка протонов 10^{10} протонов/с.

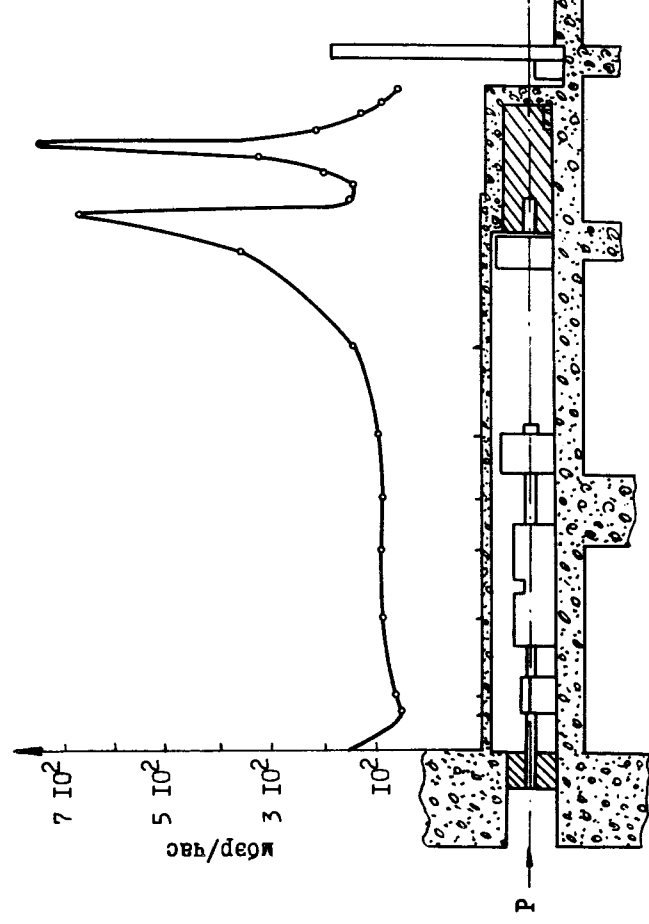


Рис.5 Распределение мощности эквивалентной дозы нейтронов за защитой над пучком протонов; интенсивность выведенного пучка протонов 10^{10} протонов/с.

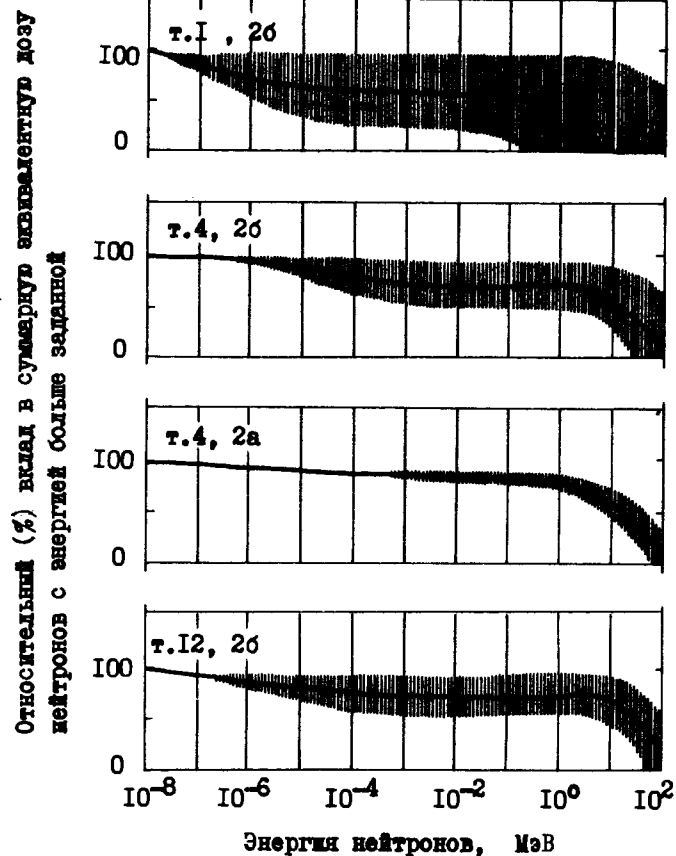


Рис.6 Энергетические распределения нейтронов в нескольких местах экспериментального зала

Литература

1. Б.В.Василишин, И.Б.Иссинский, Е.М.Кулакова. ОИЯИ, Р9-6972, Дубна, 1973.
2. R.L.Bramlett et al. A New Type of Neutron Spectrometer, Nucl. Instr. and Meth., 9, 1 (1960).
3. В.Е.Алейников и др. ОИЯИ, Р16-4480, Дубна, 1969.
4. Л.Г.Золин. ОИЯИ, 2252, Дубна, 1965.
5. В.Н.Лебедев, М.И.Салацкая. Методика измерения высокоэнергетического нейтронного излучения. В сб. "Дозиметрические и радиометрические методики". Атомиздат, 1966.
6. В.Е.Алейников и др. ОИЯИ, Р16-6790, Дубна, 1972.
7. В.Е.Алейников, В.П.Гердт, М.М.Комочков. ОИЯИ, Р16-6791, Дубна, 1972.
8. В.Ф.Турчин, В.П.Козлов, М.С.Малкевич. УФН, 102, 345 /1970/.
9. В.Е.Алейников, В.П.Гердт, М.М.Комочков. ОИЯИ, Р16-8176, Дубна, 1974.
10. G.W.Bennet et al. Source Functions and Transport Losses for a 28-GeV External Proton Beam, Particle Accelerator, 2, 251-256 (1971).

Рукопись поступила в издательский отдел
5 февраля 1975 года.