

A-458



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

127/2-80

14/1-80

16 - 12732

В.Е.Алейников, М.М.Комочков, А.Р.Крылов,
Г.Н.Тимошенко, Г.Хан

СПЕКТРАЛЬНО-УГЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПРОТОННОГО КОМПОНЕНТА ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ
ЗА ЗАЩИТОЙ СИНХРОЦИКЛОТРОНА
НА ЭНЕРГИЮ 660 МЭВ

Дубна 1979

16 - 12732

В.Е.Алейников, М.М.Комочков, А.Р.Крылов,
Г.Н.Тимошенко, Г.Хан

СПЕКТРАЛЬНО-УГЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПРОТОННОГО КОМПОНЕНТА ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ
ЗА ЗАЩИТОЙ СИНХРОЦИКЛОТРОНА
НА ЭНЕРГИЮ 660 МЭВ

Направлено в АЭ



Алейников В.Е. и др.

16 - 12732

Спектрально-угловые характеристики протонного компонента поля излучения за защитой синхротрона на энергию 660 МэВ

С помощью сцинтилляционного ΔE -спектрометра измерены спектрально-угловые распределения протонов с энергиями более 40 МэВ за 2-метровой бетонной защитой синхротрона на энергию 660 МэВ. Эксперименты выполнены при двух различных геометриях, различающихся взаиморасположением источника излучения и защиты, с целью получения экспериментальных данных для проверки методов расчета различных параметров поля излучения за защитой ускорителей.

Работа выполнена в Отделе радиационной безопасности и радиационных исследований ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Alejnikov V.E. et al.

16 - 12732

The Energy - Angle Distributions of Proton Component of Radiation Field Behind the 660 MeV Synchrocyclotron Shielding

The energy - angle distributions of protons with energy more than 40 MeV behind the 2 - meter concrete shielding of the 660 MeV synchrocyclotron are measured using a scintillation ΔE -spectrometer. The experiment are performed in two different geometries "source-shielding".

The investigation has been performed at the Department of Radiation Safety and Radiation Researches, JINR.

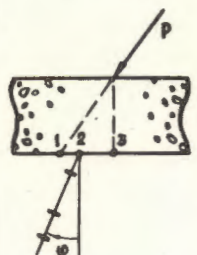
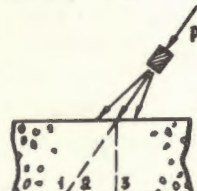
Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

В работе^{/1/} были изучены угловые распределения потоков протонов за бетонной защитой синхротрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Следующим этапом исследований протонного компонента поля излучения за защитой этого ускорителя явились измерения спектрально-угловых распределений протонов в области энергий свыше 40 МэВ, выполненные в двух геометриях, различающихся взаиморасположением источника излучения и защиты. Целью данной работы и работы^{/1/} было получение экспериментальных данных для проверки методов расчета различных параметров поля излучения за защитой ускорителей. Сведения о выполненных экспериментах приведены в таблице.

Геометрии измерений показаны на рис. 1. В геометрии 1 коллимированный пучок протонов с энергией 630 МэВ падал под углом 30° на бетонную защиту толщиной 2 м (470 г/см^2). Во второй геометрии пучок первичных протонов полностью тормозился в медной мишени диаметром 12 см и толщиной 30 см, установленной на расстоянии 4,8 м от защиты по направлению пучка, и формировал источник падающего на защиту излучения^{/2/} (модель плоского мононаправленного источника излучения). Сцинтилляционным ΔE -спектрометром измерялись спектры протонов, выходящих из точек 1,2,3 на внешней поверхности защиты под различными углами ϕ к нормали в горизонтальной плоскости. Телесный угол и угловое разрешение спектрометра при измерениях в 1-ой и 2-ой геометриях составили соответственно $19,5 \cdot 10^{-3} \text{ ср}$, $4,5^\circ$ и $33,3 \cdot 10^{-3} \text{ ср}$, $12,1^\circ$. Первая модификация спектрометра и метод восстановления спектров протонов по экспериментальным данным описаны в работах^{/3,4/}. Оценки вкладов электронного и π -мезонного компонентов поля излучения в суммарный поток заряженных частиц приведены в работе^{/1/}. При оп-

Таблица

Спектрально-угловые характеристики протонного компонента поля излучения за защитой синхроциклотрона ЛЯП, исследованные в течении 1978-1979 гг. а,б,в - измерения, проведенные в различных геометриях и точках.

Геометрия 1	точка	а) Угловые распределения потоков протонов в горизонтальной плоскости б) Спектр протонов при $\phi = 30^\circ$
	1	а) Угловые распределения потоков протонов в горизонтальной плоскости б) Спектр протонов при $\phi = 30^\circ$
	2	а) Угловые распределения потоков протонов. б) Спектры протонов при $\phi = 17^\circ ; 0^\circ ; -30^\circ ; -50^\circ$ в) Флюенсы нуклонов и протонов
	3	а) Угловые распределения потоков протонов в горизонтальной плоскости б) Спектр протонов при $\phi = 0^\circ$
Геометрия 2	точка	а) Угловые распределения потоков протонов б) Спектры протонов при $\phi = 0^\circ ; -30^\circ ; -50^\circ$ в) Флюенсы нуклонов и протонов
	2	а) Угловые распределения потоков протонов б) Спектры протонов при $\phi = 0^\circ ; -30^\circ ; -50^\circ$ в) Флюенсы нуклонов и протонов
	3	а) Угловые распределения потоков протонов в горизонтальной плоскости

ределении погрешности измерений учитывались статистические ошибки счетов в каналах анализатора и аппаратурные погрешности. На рис. 2 приведены спектры протонов, выходящих из точки 2 под различными углами ϕ (спектры измерены в 1-ой геометрии). По оси ординат отложена дифференциальная по углу и энергии зависимость потока протонов $F(\bar{r}, \bar{\Omega}, E)$ с энергиями от E_{min} до E_{max} в точке \bar{r} на поверхности защиты, умноженная на $\cos \omega$ и нормированная на 1 первичный протон^{1/}. Здесь ω - угол между осью телескопа и нормалью к защите в исследуемой точке \bar{r} (точка 2), $\bar{\Omega}$ - направление движения регистрируемых спектрометром протонов. Наиболее "жестким" из приведенных спектров является спектр, измеренный под углом: $\phi = 17^\circ$ - в максимуме функции углового распределения потоков в данной точке. Спектры протонов,

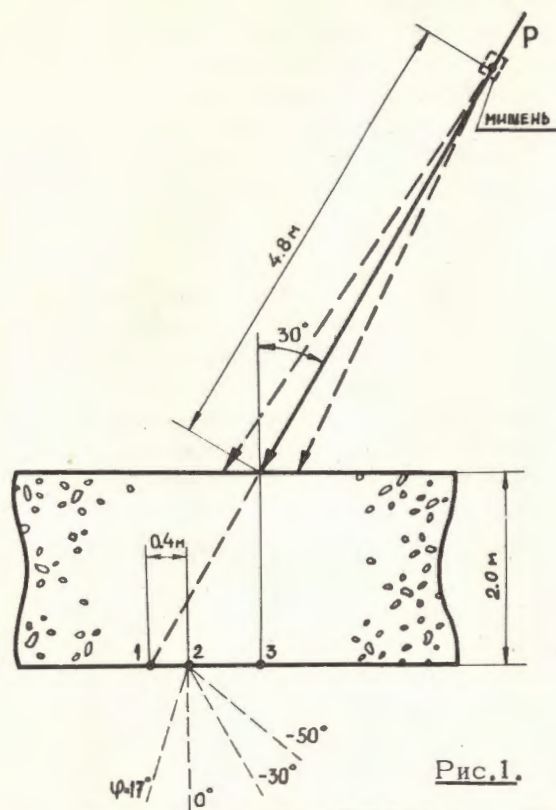


Рис.1. Геометрии измерений.



Рис.2. Спектры протонов в точке 2, $\phi = 17^\circ$ измеренные в 1-ой геометрии.

выходящих из точек 1 и 3, измерены соответственно под углами $\phi = 30^\circ$ и 0° в условиях 1-ой геометрии и показаны на рис.3. Спектр в точке 1, измеренный в направлении оси пучка первичных протонов, наиболее "жесткий" из всех полученных спектров. С другой стороны, спектр в точке 3 существенно "мягче" спектра в точке 2, измеренного при $\phi = 0^\circ$. На рис.4 представлены спектры протонов, измеренные в точке 2 в условиях 2-ой геометрии.

Экспериментальная информация о спектральных распределениях нуклонов за защитами ускорителей крайне ограничена. В работе^{/3/} был измерен спектр протонов, которые выходят под нормалью из железной защиты ($\sim 3000 \text{ г/см}^2$), разделяющей зал синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и экспериментальный зал. Источником являлось излучение камеры ускорителя, обусловленное потерями ускоряемого пучка протонов. Спектр в работе^{/3/} дан в относительных единицах. В работе^{/5/} приводится спектр протонов, измеренный за толстой свинцовой сборкой (738 г/см^2) при облучении её пучком протонов с энергией 635 МэВ. Спектр измерен под углом $15,7^\circ$ относительно оси первичного пучка протонов с помощью время-пролетной методики и дан в абсолютных единицах. На рис.5 показаны оба эти спектра и спектр протонов, измеренный в точке 2 под углом $\phi = 17^\circ$ в 1-ой геометрии.

Все спектры нормированы на одинаковое число протонов в диапазоне энергий от 70 до 300 МэВ. Сравнение спектров затруднено вследствие сильного различия источников первичного излучения, материалов и толщины защиты, геометрий и методик измерений; однако следует отметить, что спектры, полученные в настоящей работе и в работе^{/3/}, существенно более "жесткие" по сравнению со спектром, приведенным в работе^{/5/}.

Интегрирование по телесному углу спектров, измеренных в геометрии 1, позволило получить в первом приближении спектр протонов, выходящих из точки 2 в телесном угле $3,9 \text{ ср}$ с 1 см^2 поверхности защиты (рис.6). При интегрировании считалось, что спектрально-угловые распределения протонов аксиально симметричны относительно направления $\phi = 17^\circ$. На рис.6 приведен также спектр

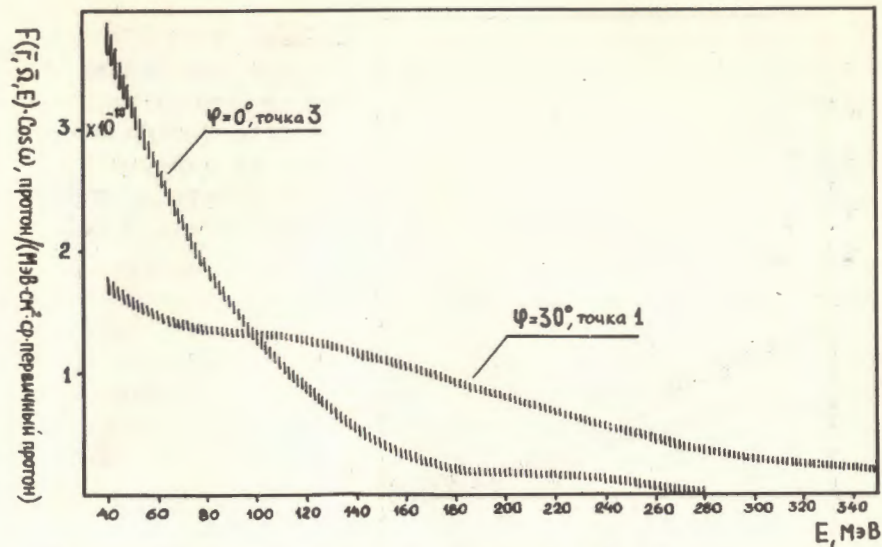


Рис.3. Спектры протонов в точках 1 и 3, измеренные в 1-ой геометрии.

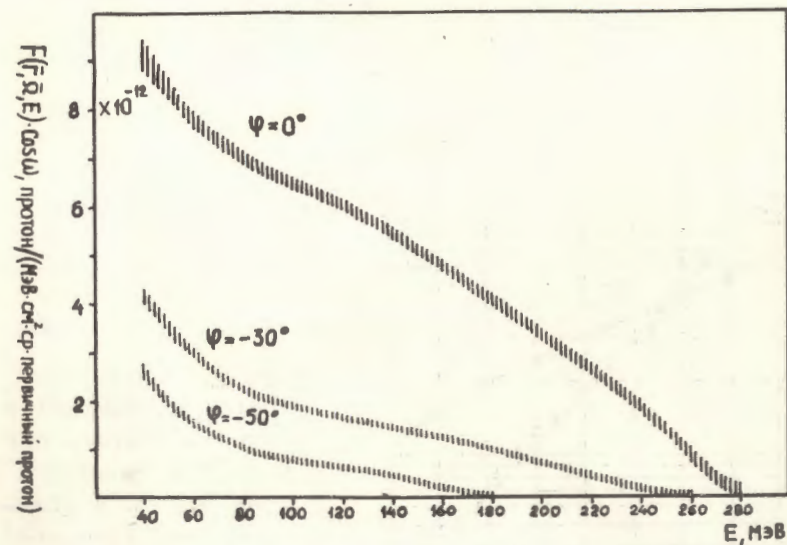


Рис.4. Спектры протонов в точке 2, измеренные во 2-ой геометрии.

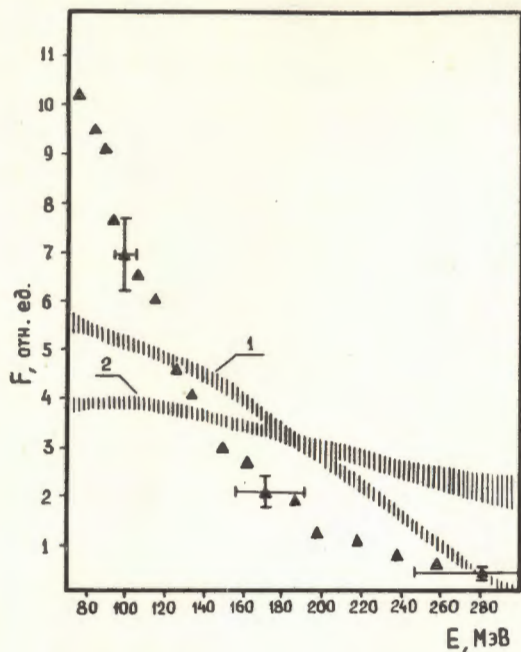


Рис.5. Спектр протонов в точке 2 при $\phi = 17^\circ$ в 1-ой геометрии (1), спектр протонов из работы /3/ (2) и спектр протонов из работы /5/ (\blacktriangle).

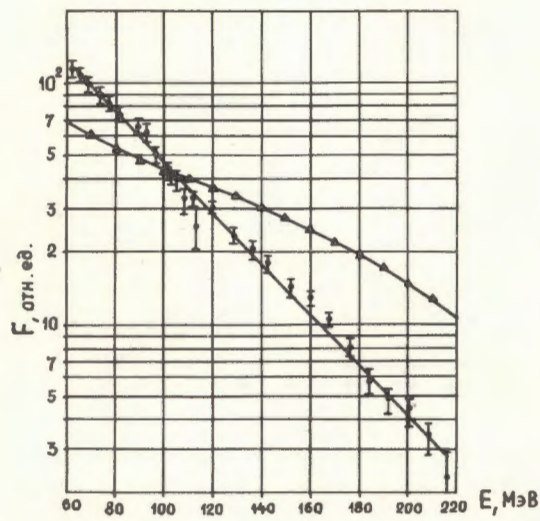


Рис.6. Спектр протонов, выходящих из точки 2 защиты при $\phi = 17^\circ$ в телесном угле 3,9 ср в условиях 1-ой геометрии (\blacktriangle), и спектр протонов из работы /6/ (\bullet).

протонов из работы /6/, измеренный в телесном угле ~ 4 ср за бетонной ловушкой 184-дюймового синхrocиклотрона в Беркли при торможении в ней пунка протонов с энергией 750 МэВ. Спектры нормированы на одинаковый поток вторичных протонов в диапазоне энергий от 60 до 220 МэВ. К сожалению, толщина бетонной защиты и геометрия измерения в работе /6/ не указаны. Заметим, что принятые при интегрировании приближения "ужесточают" полученный спектр; необходимо более подробное измерение спектров в точке 2 при различных углах.

В заключение следует отметить, что для анализа закономерностей формирования спектров за защитой ускорителей необходимо дальнейшее накопление экспериментальных данных в различных геометриях и при различных источниках первичного излучения, в частности, при более высоких энергиях ускоряемых протонов.

Авторы благодарят А.Н.Резуника, В.А.Куликова за помощь при выполнении экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алейников В.Е. и др. ОИЯИ, Р16-11891, Дубна, 1978.
2. Алейников В.Е. и др. ОИЯИ, Р16-8179, Дубна, 1974.
3. Алейников В.Е. и др. ОИЯИ, Р16-94006, Дубна, 1975.
4. Тимошенко Г.Н. и др. Kernenergie, 1978, 21, с.181.
5. Серов А.Я., Сычев Б.С. АЭ, 1978, 45, с.235.
6. Mamont-Ciésła K., Rindi A. LBL-3343, Berkeley, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 августа 1979 года.