

СЗУ9а
А-721

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



19/8-74

3250/2-74

P16 - 7958

А.И.Антипюк, В.Б.Гетманов, И.И.Бушуев, Л.Н.Зайцев,
И.Б.Иссинский, А.Д.Кириллов, В.В.Мальков,
В.П.Сидорин, В.В.Фролов, В.Б.Хвостов

РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА И ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЙ
ВОКРУГ СИНХРОФАЗОТРОНА
ПРИ МЕДЛЕННОМ ВЫВОДЕ ПРОТОНОВ

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P16 - 7958

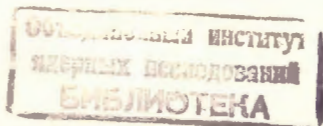
А.И. Антипук,¹ В.Б. Гетманов,¹ И.И. Бушуев,¹ Л.Н. Зайцев,²
И.Б. Иссинский, А.Д. Кириллов, В.В. Мальков,¹
В.П. Сидорин,² В.В. Фролов,² В.Б. Хвостов²

РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА И ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЙ
ВОКРУГ СИНХРОФАЗОТРОНА
ПРИ МЕДЛЕННОМ ВЫВОДЕ ПРОТОНОВ

Направлено на IV Всесоюзное совещание по ускорителям
заряженных частиц, Москва, 18-20 ноября 1974 г.

¹ Московский инженерно-строительный институт.

² Московский инженерно-физический институт.



Антипюк А.И., Гегманов В.Б., Бушуев И.И.,
Зайцев Л.Н., Иссинский И.Б., Кириллов А.Д.,
Мальков В.В., Сидорин В.П., Фролов В.В.,
Хвостов В.Б.

P16 - 7958

Радиационная защита и поля излучений вокруг
синхрофазотрона при медленном выводе протонов

В работе приведены характеристики защитного комплекса в измерительном павильоне синхрофазотрона, обеспечивающего нормальную эксплуатацию системы медленного вывода. Результаты расчетов поля излучения вокруг ускорителя удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1974

Antipyuk A.I., Getmanov V.B.,
Bushuev I.I., Zaitsev L.N.,
Issinsky I.B., Kirillov A.D., Malkov V.V.,
Sidorin V.P., Frolov V.V., Khvostov V.B.

P16 - 7958

Radiation Shielding and Radiation Fields
Around a Synchrophasotron at Slow Proton
Extraction

The characteristics are presented for a shielding complex in a measurement hall of a synchrophasotron providing a normal operation of a slow extraction system. The results of the calculation of the radiation field around an accelerator agree well with experimental data.

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1974

Введение в эксплуатацию системы медленного вывода ускоренных частиц из синхрофазотрона /1/ приводит к необходимости сооружения защитного комплекса, обеспечивающего нормальную работу системы транспортировки пучка и каналов вторичных частиц.

В настоящей работе приведены характеристики защиты, расположенной в измерительном павильоне. Данные расчета полей излучения вокруг ускорителя сравниваются с результатами измерений.

1. Система каналов вторичных частиц

Медленный вывод ускоренного пучка протонов из синхрофазотрона осуществляется под углом 5° к прямолинейному промежутку. Канал транспортировки первичного пучка проходит через третий квадрант ускорителя, защитную стену, измерительный павильон и заканчивается в ловушке пучка (рис.1).

Мишень для проведения экспериментов по изучению протон-ядерных взаимодействий (канал 25) располагается вблизи магнита ускорителя. Канал 26 предназначен для транспортировки пучка ускоренных ядер низкой интенсивности.

Мишень F_2 находится в амбразуре защитной стены и предназначена для получения протонов, K^0, K^- мезонов с импульсом до 0,6 Гэв/с и интенсивностью 10^5-10^6 частиц в импульсе (канал 22). Мишень F_3 устанавливается вблизи ловушки и служит для получения вторичных частиц, вылетающих из мишени в направлении, противоположном направлению первичных протонов (канал 24).

2. Защитный комплекс

Основное назначение защитного комплекса - обеспечение допустимых уровней излучения / 2 / в помещениях ускорителя и вокруг

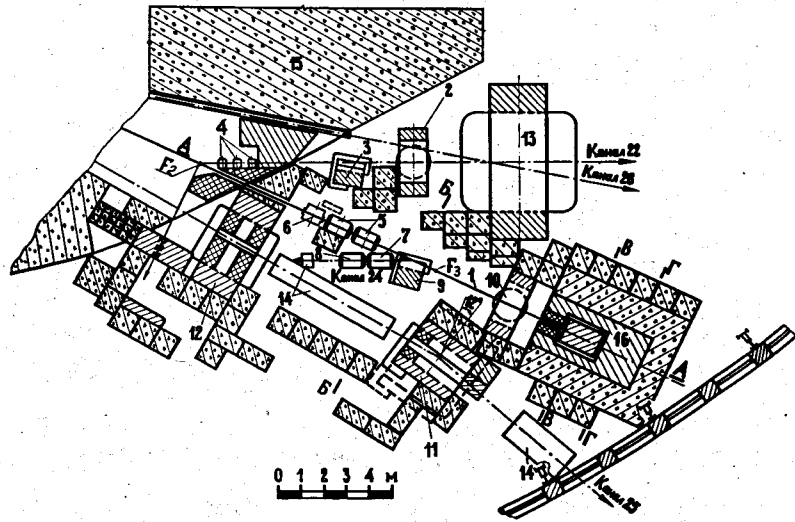


Рис. 1. Расположение системы каналов и защитного комплекса при медленном выводе протонов

- 1 - выведенный пучок протонов; 2 - магнит СП-57;
- 3 - магнит СП-94; 4 - линза МЛ-5; 5 - линза 20к 100;
- 6 - система индикации пучка; 7 - линза МЛ-15;
- 8 - линза МЛ-15; 9 - магнит СП-94; 10 - магнит СП-57;
- 11 - магнит СП-12; 12 - магнит СП-40; 13 - установка СКМ-200;
- 14 - регистрирующая аппаратура; 15 - защитная стена;
- 16 - ловушка.

него при работе синхрофазотрона в режиме медленного вывода с максимально возможной интенсивностью.

Из-за проведения строительных работ по сооружению нового экспериментального зала (см. рис. 4) защита системы медленного вывода должна быть размещена в старом измерительном павильоне синхрофазотрона, что накладывает ограничения на габариты защитных сооружений. Предварительные оценки показали, что при таких условиях применение в качестве материала защиты обычного бетона не обеспечивает требуемых радиационных условий при интенсивности $\sim 10^{11}$ прот./цикл. Поэтому для уменьшения габаритов защитного комплекса, состоящего из ловушки, защиты системы транспортировки пучка и защиты мишеней (рис. 1 и 2), кроме бетона, были использованы сталь и свинец. Внутренняя часть ловушки выполнена из стальных и свинцовых элементов. Для уменьшения утечки промежуточных нейтронов с ее поверхности она окружена блоками из обычного бетона.

Для защиты системы транспортировки пучка использовались бетонные балки длиной 6+12 м, сечением $0,75 \times 0,35 \text{ м}^2$ (перекрытие) и бетонные блоки размерами $1 \times 1 \times 1 \text{ м}^3$ и $1,5 \times 1 \times 0,75 \text{ м}^3$ (боковые стены)

3. Расчет поля излучения

На основании расчета поля излучения вокруг синхрофазотрона при условии обеспечения в зоне строительства нового экспериментального павильона допустимой дозы облучения /2/ должна быть определена максимально возможная интенсивность синхрофазотрона при данном защитном комплексе.

Для расчета поля излучения вокруг синхрофазотрона использовался метод, изложенный в работе /3/*).

*Некоторая корректировка метода расчета будет опубликована позднее.

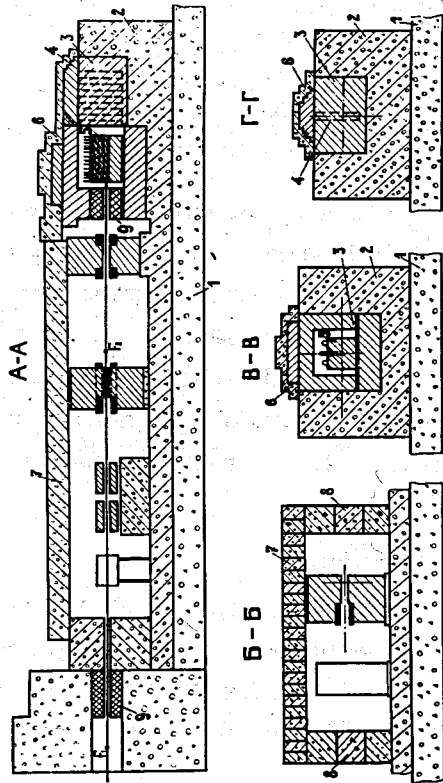


Рис. 2. Сечения защитного комплекса

1 - нижнее перекрытие; 2 - бетонные блоки; 3-5 - стальной массив; 6,7 - верхняя бетонная защита; 8 - боковая бетонная защита, 9 - свинец.

камере ускорителя, в системе транспортировки пучка и в ловушке задавались в соответствии с данными, приведенными в табл. I. На рис. 3 приведены распределения потерь протонов по длине вакуумной камеры синхрофазотрона в режиме ускорения и при медленном выводе, измеренные с помощью системы контроля потерь частиц /4/.

В результате расчета поля излучения было определено, что при данном защитном комплексе синхрофазотрон в режиме медленного вывода протонов может работать 5000 час/год при интенсивности до $5 \cdot 10^{10}$ прот/цикл.

Таблица I

Потери протонов*

Тип потерь	Потери протонов, %	Литература
В вакуумной камере при ускорении протонов от 0,2 до 3 сек.	13	/4/
В вакуумной камере при выводе протонов из ускорителя с эффективностью 94%	6	/5/
По всей системе транспортировки пучка равномерно	1	/6/
В ловушке	93	

* Стнесено к интенсивности протонов в конце цикла ускорения.

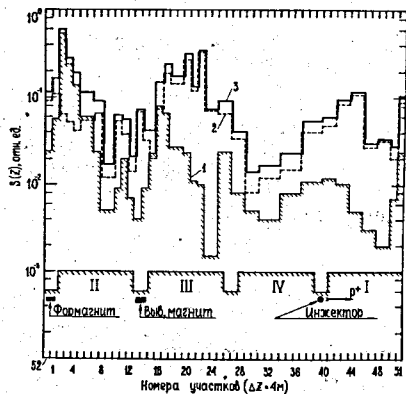


Рис.3. Распределение потерь протонов по длине вакуумной камеры синхротрона

- 1 - при медленном выводе;
- 2 - при ускорении от 0,2 до 3 сек;
- 3 - суммарное распределение.

На рис. 4 приведены данные расчета изодозных распределений вокруг синхротрона при допустимой интенсивности. В табл.2 в качестве примера для двух наиболее характерных точек А и Б приведены вклады в мощность эквивалентной дозы от различных источников излучения.

Таблица 2

Вклад в мощность эквивалентной дозы от различных источников излучения, %.

Источник излучения	Точка А (за стеной измерительного павильона рис.4)	Точка Б(за стеной главного корпуса рис.4)
Потери при ускорении	26	72
Потери при выводе	9	22
Потери в системе транспортировки пучка	22	2
Потери в ловушке	43	4

4. Измерение поля излучения и сравнение с данными расчета.

Для измерения мощности эквивалентной дозы использовались пропорциональные BF_3 -счетчики с замедлителями, а для регистрации плотности потоков частиц с $E > 20$ Мэв - активационные детекторы на основе толуола ($C^{11} \rightarrow C^{12}$)*

*)Авторы данной работы весьма признательны сотрудникам ОРБ ОИЯИ за любезно предоставленную возможность использования в экспериментах указанных детекторов.

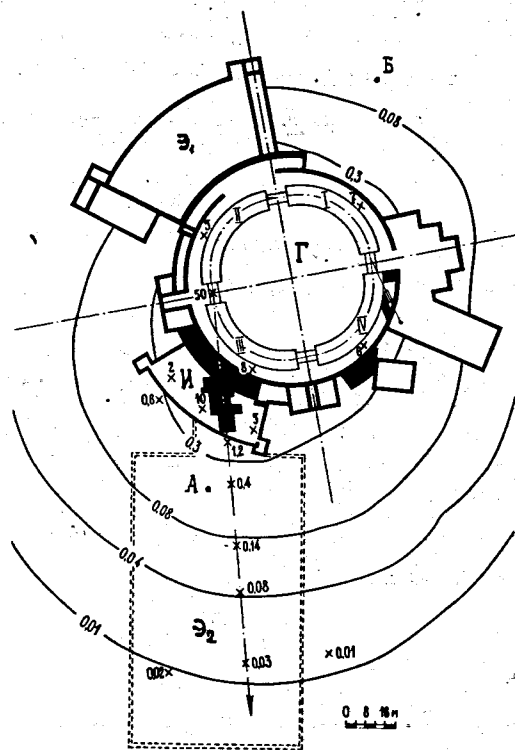


Рис. 4 Поле излучения синхрофазотрона при медленном выводе протонов, мбэр/час

Г - главный корпус

И - измерительный павильон

Э₁ - экспериментальный зал

Э₂ - новый экспериментальный зал

А, Б (см. табл. 2)

— - расчет

x - эксперимент

Измерения проводились на трех этапах сооружения защитного комплекса: при наличии только ловушки, при наличии ловушки и защиты системы транспортировки пучка и полностью сооруженном защитном комплексе с дополнительной верхней защитой ловушки (см. рис. 5).

Мониторинг интенсивности проводился в момент времени, соответствующий концу цикла ускорения по показаниям пика электрода.

На рис. 4 и 5 приведены результаты измерений мощности эквивалентной дозы в помещениях синхрофазотрона и вокруг него при работе ускорителя в режиме медленного вывода протонов при интенсивности 5×10^{10} прот/цикл.

Данные, приведенные в табл. 3, характеризуют утечку частиц с $E > 20$ Мэв с верхней части защиты. Согласно работе /7/, частицы таких энергий вносят вклад в мощность эквивалентной дозы на больших расстояниях от ускорителя.

Таблица 3.

Плотность потока частиц с $E > 20$ Мэв, частиц/см² сек.

Точки измерений (рис. 5)	Плотность потока частиц при интенсивности $3 \cdot 10^{10}$ прот/цикл.	Примечание (рис. 5)
1	$(5 \pm 1) 10^1$	
2	$(3 \pm 1) 10^1$	
3	$(6 \pm 0,5) 10^2$	без дополнительной защиты (б)
3	$4(\pm 1) 10^1$	с дополнительной защитой (б)
4	< 1	
7	$3 \cdot 10^3$	
8	$1 \cdot 10^4$	

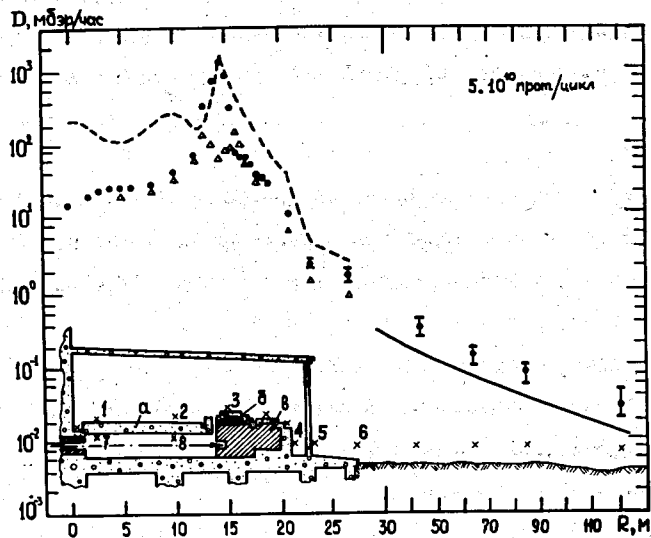


Рис. 5. Распределение мощности эквивалентной дозы по направлению выведенного пучка протонов, мБэр/час.

I - 8 - точки измерений

— - расчет;

--- измерения при наличии только ловушки (в)

● - то же при наличии ловушки (в) и защиты (а)

△ - то же при наличии ловушки и защиты (а), (б).

В точке 4 с помощью тканезквивалентных камер /8/ была измерена поглощенная доза. При сопоставлении величин эквивалентной и поглощенной дозы был получен фактор качества, равный $\sim 6,4$, что согласуется с данными на других ускорителях /9/.

Сравнение данных измерений и расчетов при медленном выводе с данными измерений в режиме сброса протонов на внутренние мишени /Ю, II/ показывает, что мощность дозы в главном корпусе и экспериментальном зале (рис. 4) при медленном выводе протонов снижается приблизительно в 6 раз. Можно ожидать, что при уменьшении потерь частиц при ускорении и сооружении более эффективного защитного комплекса мощность дозы вокруг синхрофазотрона снизится, по крайней мере, в два раза.

Удовлетворительное согласие между расчетными и экспериментальными данными (рис. 4 и 5) дает возможность рекомендовать метод расчета, изложенный в работе /3/, для прогнозирования радиационной обстановки вокруг ускорителей.

В заключение авторы выражают благодарность Б.С.Сичеву, В.А.Григорьеву за обсуждение расчетной части работы, а также признательны В.И.Цовбуну, В.Г.Жбанкову, Д.В.Семенову, Б.Д.Зельдичу, А.Н.Никитину за помощь при проведении измерений.

Л и т е р а т у р а

1. В.В.Василишин и др. ОИЯИ, Р9-6972, Дубна, 1972.
2. Нормы радиационной безопасности, НРБ-69, Атомиздат, М., 1972.
3. Л.Н.Зайцев и др. ОИЯИ, Р16-6125, Дубна, 1972.
4. V.Ya.Gvozdev et al. Particle Accelerators, 4, 129 (1973).
5. В.Я.Гвоздев и др. ОИЯИ, 9-7127, Дубна, 1973.
6. G.W.Bennett et al. Particle Accelerators, 2, 251, (1971).
7. Б.В.Манько и др. Труды Радиотехнического института АН СССР, № 14, 1973, стр.163.
8. И.М.Дмитриевский и др. В сб. "Вопросы дозиметрии и защиты от излучений" вып.6, 1967, стр.32.
9. М.Зельчинский и др. ОИЯИ, Р9-3365, Дубна, 1967.
10. М.М.Комочков, В.Н.Лебедев, ОИЯИ, Р-2231, Дубна, 1965.
11. Л.С.Золин и др. ОИЯИ, 2251, Дубна, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 мая 1974 года.