

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОННЫХ ПОТОКОВ
ПО АЗИМУТУ ЭЛЕКТРОННОГО СИНКРОТРОНА

С. Ф. Рослик

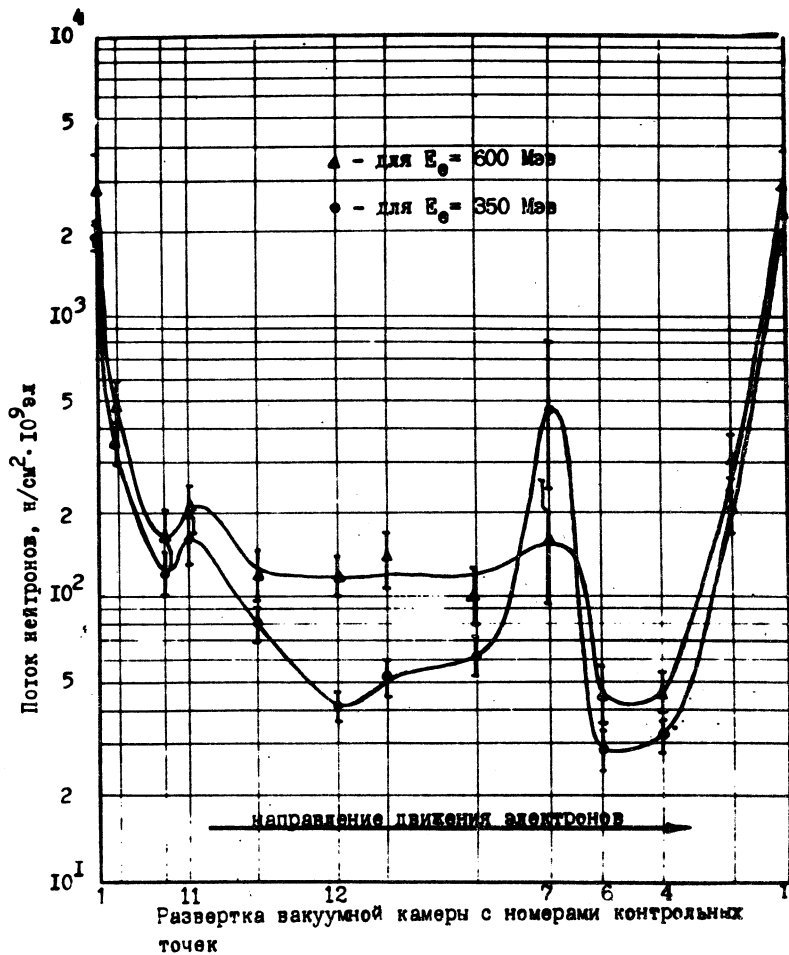
УДК 539.1.074.8

На синхротроне, ускоряющем электроны до 600 Мэв, измерено азимутальное распределение нейтронных потоков. Для прогнозирования нейтронных потоков на выбранном расстоянии от ускорителя, в плоскости орбиты, дается формула и методика расчета.

На вопрос, какие нейтронные потоки в зале создаст циклические электронные ускорители, достоверно можно ответить, опираясь только на результаты измерений. Подобные измерения нейтронных потоков были выполнены на электронном синхротроне, ускоряющем электроны до 600 Мэв, с помощью ионизных фольг, помещенных в парафиновые замедлители диаметром 15 см, окруженных кадмием. Такие детекторы хорошо регистрируют нейтроны в энергетическом диапазоне 0,1 - 15 Мэв с малой заочислостью эффективности регистрации от энергии /1/.

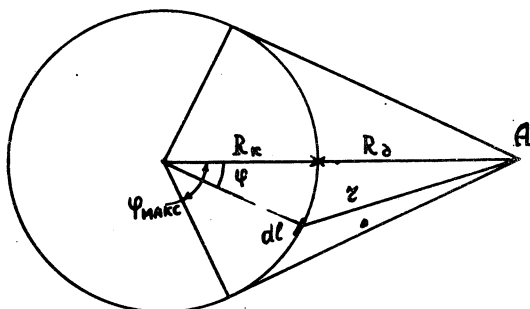
Детекторы располагались с внешней стороны кольца вакуумной камеры, в плоскости орбиты, на расстоянии 30 см от стенки камеры.

Конструкция синхротрона такова, что магнит охватывал вакуумную камеру с внутренней стороны кольца. Таким образом, генерируемые тормозным излучением нейтроны беспрепятственно покидали вакуумную камеру. Детекторы располагались вокруг ускорителя по возможности равномерно. Показания детекторов приводились к 10^9 ускоренных электронов в секунду. Полученные результаты для энергий ускоренных электронов 350 и 600 Мэв показаны на рис. 1. По оси ординат отложены нейтронные потоки при ускорении 10^9 эл/сек, а по оси абсцисс - развернутая окружность камеры с указанием контрольных точек, в которых производились измерения.



Р и с. I. Распределение нейтронных потоков по азимуту ускорителя на расстоянии 30 см от вакуумной камеры

Кривые рис. 1 показывают, что "отработанные" электроны оседают на стенки камеры не равномерно, причем эта неравномерность видоизменяется с изменением режима работы ускорителя. Максимумы кривых обусловлены наличием внутри камеры различного рода измерительного оборудования и выступов, препятствующих равномерному оседанию электронов. Исключением из этого является увеличение потока в точке I, которое является результатом вклада фотонейтронов из свинцового коллиматора, расположенного на расстоянии $\sim 1,5$ м от контрольной точки.



Р и с. 2. К расчету нейтронного потока в зависимости от расстояния до вакуумной камеры

R_k - радиус внешней стенки вакуумной камеры.

R_d - расстояние от точки наблюдения до вакуумной камеры.

Несмотря на то, что выход нейтронов из ускорителя обусловлен не только закономерным, но и случайным оседанием электронов на стенки камеры, все же возможно проводить разумные оценки нейтронных потоков на некотором расстоянии от ускорителя.

Для получения аналитического выражения величины нейтронного потока в плоскости орбиты была выбрана схема расчета, изображенная на рис. 2. Из выбранной схемы расчета нейтронный поток получается равным

$$P = \frac{\rho}{\pi} \frac{R_k}{R_d} \frac{1}{2R_k + R_d} \arctg \left[\left(2 \frac{R_k}{R_d} + 1 \right) \operatorname{tg} \frac{\arccos \left(\frac{1}{1 + \frac{R_d}{R_k}} \right)}{2} \right] \text{ н/см}^2; \quad (I)$$

где ρ - удельная нейтронная активность камеры, н/сек; R_K - радиус внешней стенки вакуумной камеры, см; R_D - расстояние от точки наблюдения до вакуумной камеры, см.

В приведенной формуле удельная нейтронная активность камеры ρ не является прямо измеримым параметром. Его величина получается из следующих соображений. В циклических ускорителях с внутренней мишенью ускоренные электроны отдадут в пучок тормозного излучения не более 20% своей энергии. Оставшиеся в среднем 80% энергии электронов можно считать равномерно осевшими на стенки вакуумной камеры. Ввиду того, что стенки камеры не бесконечно толстые, можно с достаточно большой надежностью принять процент трансформации энергии оседающих электронов в тормозное излучение не более 50%. Поскольку данные о выходе фотонейтронов из фарфора отсутствуют, выход из фарфора принимается равным выходу из железа ($3,1 \cdot 10^{-4}$ н/Мэв). При указанных оговорках интегральный выход γ фотонейтронов из ускорителя, при интенсивности 10^9 эл/сек и энергии 600 Мэв, получается равным $8,35 \cdot 10^7$ н/ 10^9 эл, а удельная нейтронная активность камеры равна

$$\rho = \frac{\gamma}{2\pi R_K} = 5,5 \cdot 10^4 \text{ н/см} \cdot 10^9 \text{ эл}$$

(длина окружности вакуумной камеры равна $1,5 \cdot 10^3$ см). Эта же величина из формулы (I) и данных рис. I (за вычетом вклада коллиматора и после усреднения потока по периметру камеры) получается равной $1,4 \cdot 10^4$ н/см 10^9 эл.

Если учесть, что выражение (I) служит для прогнозирования нейтронных полей, то несовпадение расчета и эксперимента вполне приемлемое, тем более, что в реально существующем распределении, как видно из рис. I, имеют место большие всплески.

Формула (I) была получена для условий, при которых производились измерения нейтронных потоков, т.е. для случая открытой камеры. Если же конструкция магнита иная и камера частично или полностью экранируется им, необходимо при выводе формулы учесть эффект экранировки.

Поступила в редакцию
2 ноября 1973 года

Л и т е р а т у р а

1. G. R. Stevenson. RHEL/R154 (1967).