

ЕФИ-793(20)-85

---

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

Д.С. БАГДАСАРЯН, Е.М. БОЯХЧЯН, Г.Б. КАЗАРЯН,  
М.Д. КАРИБЯН, Э.Р. МАРКАРЯН, Г.Г. МКРТЧЯН

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫВЕДЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА  
ЕРЕВАНСКОГО СИНХРОТРОНА

ЕРЕВАН-1985

© Центральный научно-исследовательский институт информации  
и технико-экономических исследований по атомной науке  
и технике (ЦНИИатоминформ) 1985г.

---

EDM-793(20)-65

D.S.BAGDASARIAN, Y.M.BOYAKHCHIAN, G.B.KAZARIAN,  
M.D.KARIBIAN, E.R.MARKARIAN, G.G.MKRTCHIAN

CHARACTERISTICS OF THE EXTRACTED ELECTRON BEAM  $e_4^-$   
OF YEREVAN SYNCHROTRON

Characteristics of the electron beam  $e_4^-$  are reported.  
The schemes of formation, transportation and control of the  
beam parameters as well as methods of measuring some of its  
characteristics are described.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1985

УДК 621.3.036.615:539.124

Д.С.БАГДАСАРЯН, Е.М.БОЯХЧЯН, Г.Б.КАЗАРЯН,  
М.Д.КАРИБЯН, Э.Р.МАРКАРЯН, Г.Г.МКРТЧЯН

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫВЕДЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА  $e_4^-$   
ЕРЕВАНСКОГО СИНХРОТРОНА

В работе приводятся характеристики электронного пучка  $e_4^-$ .  
Описаны схемы формирования, транспортировки и контроля параметров пучка, а также методы измерения некоторых его характеристик.

Ереванский физический институт

Ереван 1985

В экспериментах по электророждению частиц параметры пучка (расходимость, размер на мишени и т.д.) для весьма широкого класса исследований существенным образом влияют на точность физических измерений. Поэтому исследование характеристик электронного пучка является важным этапом на пути выполнения экспериментов по электророждению частиц.

Особенной чертой выведенных электронных пучков БРМ, описанных ранее в работе [2], является их низкая интенсивность. В случае использования интенсивных пучков необходимо, чтобы тракт формирования захватывал, по возможности, максимум фазового объема выведенного из кольца пучка.

Данная работа посвящена изучению некоторых характеристик  $e_4^-$  - пучка Бреванского синхротрона, предназначенного для экспериментов по электророждению частиц.

Процедура вывода пучка электронов из ускорительного кольца синхротрона подробно описана в работе [1]. После вывода из ускорительной камеры и перед попаданием в магнитооптический канал тракта пучок  $e_4^-$  предварительно формируется коллиматором с цилиндрическим вкладышем (рис.1) длиной 60 см, диаметр которого варьируется в пределах от 1 до 13 мм. Для контроля положения и размера пучка на входе в коллиматор и у физической мишени установлены сцинтилляционные флажки (у коллиматора - с

отверстием в центре для непрерывного контроля).

Сцинтилляционные флажки, изготовленные на основе люминофоров марки Б-3 Ж и Л-30, позволяют получить четкое изображение пучка релятивистских электронов уже при плотности падающего излучения  $\sim 10^7 \frac{e^-}{\text{см}^2 \text{с}}$ . Изображения с флажков передаются на экран телевизора видеоконтрольным устройством ПТУ-47. Тракт  $e^-$  оснащен пятью линзами типа МЛ-15, а также поворотным магнитом СП-12 (рис.1). Оптимизация всего магнитооптического канала была осуществлена при помощи программ TRAMP-1 и TRANSPORT [3,4]. Цель оптимизации заключалась в получении необходимого размера пучка на физической мишени при его минимальной расходимости и максимальной светосиле канала. Расчет Монте-Карло характеристик магнитооптического канала был осуществлен при помощи программ PIVODU [5]. При розыгрыше угла, импульса и координаты частицы на входе магнитооптического канала траектории электронов прослеживаются до попадания на физическую мишень.

Решалась также обратная задача: по известным характеристикам пучка на мишени восстанавливались начальные условия на входе в магнитооптический канал. Полученные расчетные результаты сравнивались с имеющимися экспериментальными данными.

Из расчетов методом Монте-Карло следует, что при коллиматоре диаметром 6,7 мм магнитооптический канал охватывает электроны, выведенные из кольца ускорителя, в пределах расходимостей до  $X'_0 = 8 \text{ мр}$ ;  $Y'_0 = 8 \text{ мр}$ ,  $X_0 = 12 \text{ мм}$  и  $Y_0 = 8 \text{ мм}$  (см. рис.2).

При таких условиях размеры и расходимость сформированного на мишени пучка равны:  $X = 25 \text{ мм}$ ;  $Y = 10 \text{ мм}$ ;  $X' = 7 \text{ мр}$ ;  $Y' = 14 \text{ мр}$  при  $\frac{\Delta E_0}{E_0} \approx 1,5\%$  (см.рис.3). По расчетным данным дисперсия импульса на мишени  $\frac{\Delta E_0}{E_0} = 1\%$  при  $X = 1,6 \text{ см}$

(рис. 4).

Экспериментальная проверка результатов расчетов проводилась на пучке электронов с энергией 1,5 ГэВ, интенсивностью  $5 \cdot 10^9 \frac{e}{c}$  и с длительности вывода  $\tau = 0,8$  мс. При этом размер пучка на мишени определялся с помощью сцинтилляционного экрана и был равен 14 - 15 мм.

Однако необходимо отметить, что сцинтилляционный экран обладает послесвечением, и, в случае необходимости, оперативный контроль за параметрами пучка на мишень ведется с помощью монитора вторичной эмиссии с координатными электродами или ионизационной камерой. В работе [6] показано, что в режиме оптимальной настройки магнитооптического канала, положение центра тяжести пучка на мишени колеблется в пределах  $\pm 2 - 3$  мм. Этот эффект обусловлен, в первую очередь, колебаниями момента вывода пучка относительно максимального значения ведущего магнитного поля синхротрона  $H_{max}$ , что приводит к дополнительному разбросу в величине энергии падающего электрона. Чтобы оценить вклад в энергетический разброс, обусловленный этим процессом, нами были измерены энергетические спектры рассеянных электронов на  $CN_2$  в трех случаях:

- 1) момент вывода симметричен относительно  $H_{max}$   $\Delta\tau = 0$  ;
- 2) момент вывода запаздывает относительно  $H_{max}$  на 0,8 мс ,  
 $\Delta\tau = +8$  мс;
- 3) момент вывода опережает  $H_{max}$  на 0,7 мс,  $\Delta\tau = -0,7$  мс.

Результаты измерений приведены на рис. 5.

Из рис. 5 видно, что при колебаниях растяжки (0,8 мс) относительно  $H_{max}$  в среднем на  $\pm 0,35$  мс, энергетический разброс в величине начальной энергии падающего электрона составля-

$$\text{ет } \frac{\Delta E_0}{E_0} = \pm 1\%.$$

Магнитным спектрометром "Электрон" измерялись энергетические спектры рассеянных электронов на  $\text{CH}_2$  и на  $\text{C}^{12}$ . Методом вычитания определялся упругий пик на водороде (рис.6). Как видно из рис.6, величина  $\frac{\Delta E_0}{E_0} = 1\%$ , что хорошо подтверждается расчетами. В таблице приводятся характеристики  $e^-$ -пучка при коллиматоре диаметром 6,7 мм. Надо отметить, что при коллиматоре диаметром 13 мм, при оптимальном режиме ускорителя интенсивность меняется в 2 раза.

Таблица

$E_0$ (ГэВ)	$\frac{\Delta E_0}{E_0}$	$I$ ( $e^-/c$ )	$x$ (мм)	$y$ (мм)	$x'$ (мр)	$y'$ (мр)	$\tau$ (мс)
1,5-4,5	1%	$10^9-10^{10}$	14-15	5	14	10	0,5-0,8

$I$  - интенсивность;  $x$ ,  $y$ ;  $x'$  и  $y'$  - размеры и расходимости на мишени;  $\frac{\Delta E_0}{E_0}$  - энергетический разброс;

$\tau$  - растяжка пучка.

Мониторирование пучка осуществляется МВФ и квантометром Гаусса. В дальнейшем мониторинг предполагается проводить цилиндром Фарадея, установленным в малом экспериментальном зале.

Расчет и эксперимент показали, что в случае формирования пучка в оптимальном режиме на оси установки "Электрон" транспортировать пучок без дополнительной формовки к цилиндру Фарадея невозможно из-за большой угловой расходимости. Для этой цели необходимо дополнить формирующий тракт хотя бы дублетом квадрупольных линз.

Авторы благодарят Маргаряна А.Т. и Запольского Н. А. за содействие при проведении указанных исследований, а также Арутюняна С.С., Агаджаняна А.А. и Петросяна О.П. за помощь при изготовлении и монтаже тракта выведенного пучка.

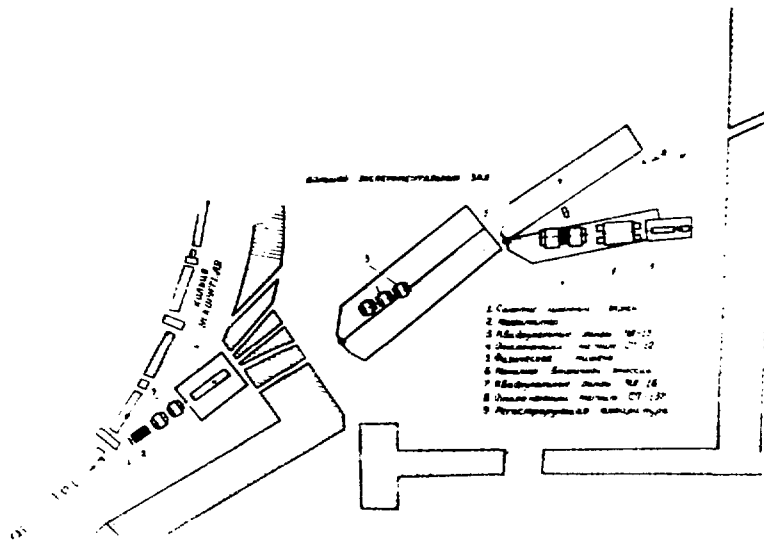


Рис. 1

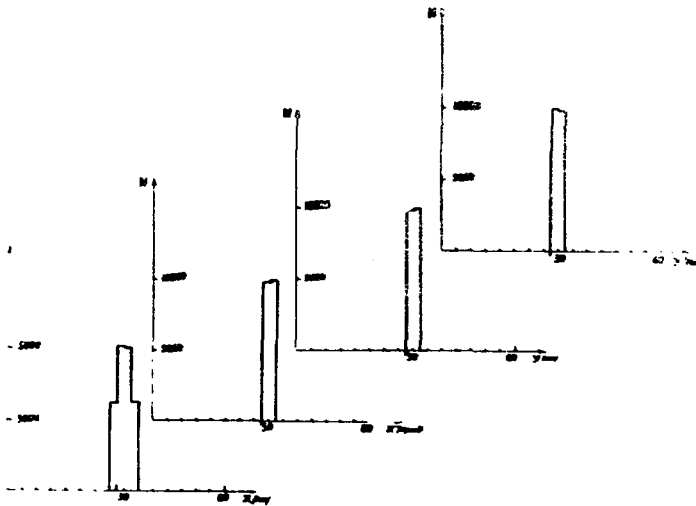


Рис. 2

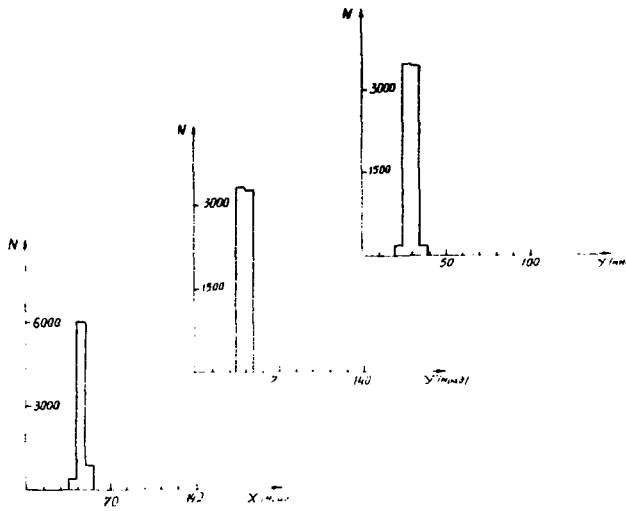


FIG. 3

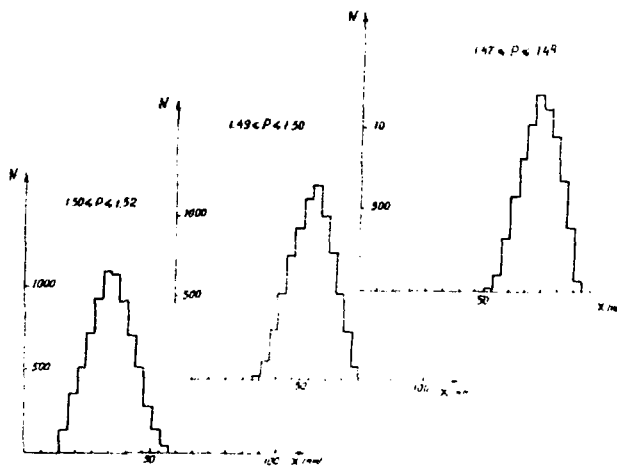


FIG. 4

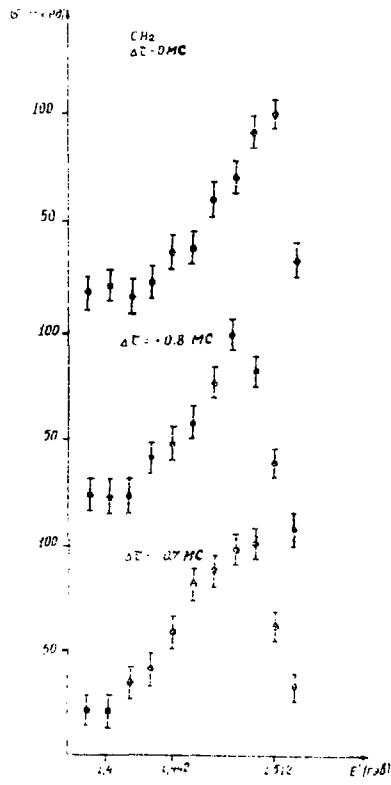


FIG. 5

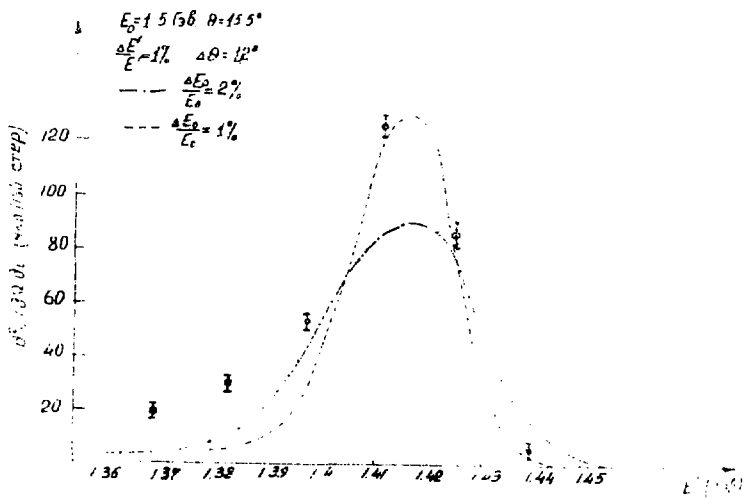


FIG. 6

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Схема электронного тракта  $e_4^-$

Рис.2 Распределение числа электронов, охваченных магнито-оптическим каналом, по  $x$ ,  $x'$ ,  $y$ ,  $y'$ , полученное расчетом по методу Монте-Карло

Рис.3 Распределение числа электронов на физической мишени по  $x'$ ,  $y'$  и  $y$ , полученное расчетом по методу Монте-Карло

Рис.4 Распределение электронов на физической мишени по  $x$  при:

$$1,50 \leq \rho \leq 1,52$$

$$1,49 \leq \rho \leq 1,50$$

$$1,47 \leq \rho \leq 1,49$$

Рис.5 Энергетический спектр рассеянных электронов на  $CH_2$  при сдвиге момента вывода пучка относительно  $H_{max}$  в трех случаях.

$$\Delta \tau = 0 \text{ мс}$$

$$\Delta \tau = + 0,8 \text{ мс}$$

$$\Delta \tau = - 0,7 \text{ мс}$$

Рис.6 Спектр упругого пика на водороде (полученный методом вычитаний) и теоретический расчет пика в двух случаях

$$\frac{\Delta E_0}{E_0} = 2\%$$

$$\frac{\Delta E_0}{E_0} = 1\%$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамян Р.О., Ананова Л.А., Бадалян Г.В. и др. Система вывода электронов из Ереванского синхротрона. Труды II Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Москва, 11-16 ноября 1970.
2. Баятян Г.Л., Вартанян Г.С., Гишян С.А. и др. Электронный канал ускорителя ЕрЭИ для экспериментов на меченых фотонах. Препринт ЕИИ-545(32)-82, Ереван, 1982.
3. Gardner J.M., Whiteside D., TRAF, NIM/AN21, 1981
4. Brown H.B., Henry J.K. A computer program for designing charged particle beam transport systems. SLAC Rep. N91, 1970.
5. Багдасарян Д.С., Малишев В.А. Расчет параметров пучков частиц методом Монте-Карло (программа РИЗОРУ). Препринт ЕИИ-470(47)-80, Ереван, 1980.
6. Амбарцумян В.Г., Вояхчян Е.М., Мартirosян М.А. Измерение некоторых параметров пучка тонкостенной ионизационной камерой. Препринт ЕИИ-647(37)-83, Ереван, 1983.

Дукошкись поступила 27 февраля 1985 г.

Д.С. БАГДАСАРЯН, Б.М. БОЙНЦЕВ, Г.А. КАРАПЕТ, М.А. САРГСИ,

Э.Р. МАРКАРИН, Г.Г. МКРТЧЯН

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫВЕЩЕННОГО СИНХРОТРОННОГО ЛУЧА  $e^-$

ЕРЕВАНСКОГО СИНХРОТРОНА

Редактор Л.П. Мукаян

Технический редактор А. Абрамян

---

Подписано в печать 4/VI-85г.

ВФ-008611 Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 0,9

Тираж 399 экз. Ц. 8 к.

Зак. тип. № 307

Индекс 3624

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте

Ереван 36, Маркаряна 2