

5118806701

НИИЭФА П-К-0752

НИИЭФА-Р-К--075

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ им. Д.В.ЕФРЕМОВА

М.А.Аброян, А.И.Мелькер, А.И.Михайлин,
В.В.Сиротинкин, И.Л.Токмаков

РАСЧЕТ ПРОХОЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ
ЧЕРЕЗ АЛЮМИНИЕВУЮ ФОЛЬГУ
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО УГЛАМ И ЭНЕРГИЯМ

П р е п р и н т

МОСКВА
ЦНИИАТОМИНФОРМ
1987

Аброян М.А., Мелькер А.И., Михайлин А.И., Сиротинкин В.В., Токмаков И.Л. Расчет прохождения электронов через алюминиевую фольгу. Распределение по углам и энергиям: Препринт К-0752.- М.: ЦНИИАтоминформ, 1987, 6 с., цена 3 к.

Приведены рассчитанные методом Монте-Карло энергетические и угловые распределения электронов, прошедших через алюминиевую фольгу толщиной 50 мкм.

В известной работе Бергера и Зельтцера /2/ рассмотрено нормальное падение электронов энергией 100-400 кэВ на различные фольги. В настоящей работе рассмотрены энергии 200-500 кэВ, углы падения электронов на фольгу 0-40°, что позволяет использовать результаты для более широкого класса ускорителей, например со сканируемым пучком, применяемых в промышленности.

Полученные значения угловых и энергетических характеристик позволяют существенно повысить точность расчета выводных устройств ускорителей и распределения дозы на облучаемом объекте.

С Центральным научно-исследовательским институтом информации и технико-экономических исследований по атомной науке и технике (ЦНИИАтоминформ), 1987 г.

Задача об определении энергетических и угловых распределений электронов, прошедших через слой материала, имеет большое практическое значение. В силу эффективности и простоты наиболее популярным методом решения задачи в настоящее время является метод Монте-Карло /1/. В работе /2/ получены энергетические и угловые распределения для электронов с энергией 100–400 кэВ, прошедших через тонкие фольги, подробно рассмотрен метод Монте-Карло, его результаты сопоставлены с обширным экспериментальным материалом, причем рассматривался только случай нормального падения электронов на фольгу.

При конструировании устройства вывода пучка технологических ускорителей необходимо рассматривать прохождение через фольгу электронов с энергией до 700 кэВ и углами падения на плотность выпускного окна до 40° . Это сделано в данной работе.

Методика проведенного расчета в целом совпадает с приведенной в /1/. Электронно-ядерное рассеяние рассчитывалось по формуле Мотта /3, с.220/ с учетом формулы Маллера /1, с.16/, потери на ионизацию – по формуле Бете /4/. Расчетная программа была написана на основании схемы последовательных соударений в варианте, предложенном Хари /5/.

Существенным в расчете прохождения частиц по методу Монте-Карло является выбор двух подгоночных параметров: θ_{min} – минимального угла отклонения электрона в одном акте рассеяния,

E_{min} – пороговой энергии электрона. Оптимальными с точки зрения описания экспериментальных результатов (значений T_N – коэффициента пропускания по числу и T_E – по энергии) и минимального времени расчетов оказались: $\theta_{min} = 4^\circ$; $E_{min} = 50$ кэВ.

Результаты расчетов приведены в виде гистограмм, служащих оценкой энергетических и угловых распределений электронов, прошедших через алюминиевую фольгу толщиной 50 мкм. При заданных значениях начальной энергии E_0 и угла падения θ_0 прослеживались траектории 25000 электронов. В таблице и на рис.1 приведены коэффициенты T_N и T_E .

На рис.2 показано распределение по энергиям, а на рис.3 – угловые распределения для различных начальных энергий и углов падения электронов. Из анализа гистограмм следует, что при повышении энергии электронов характер распределения приближается к моноэнергетическому. Изменение же угла падения сильнее влияет на энергетический спектр при уменьшении их начальной энергии.

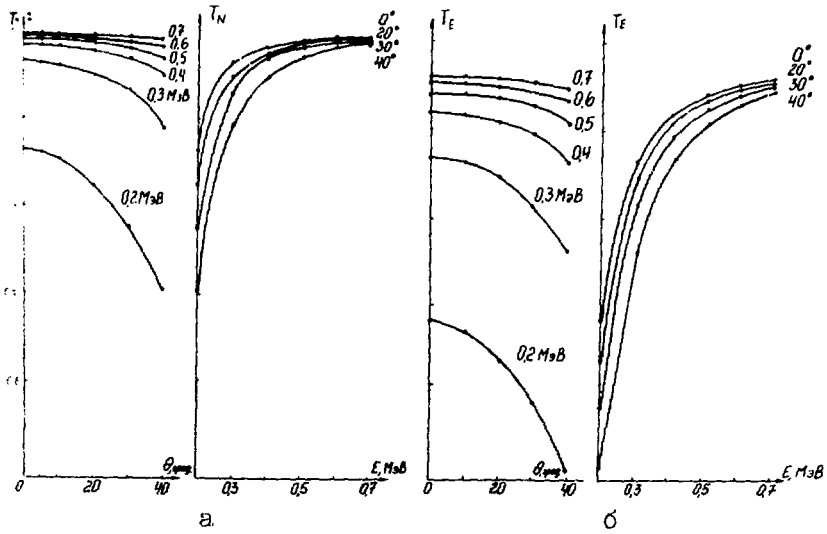


Рис.1. Зависимость коэффициента пропускания по числу частиц T_N и по энергии T_E от энергии и угла падения θ_0

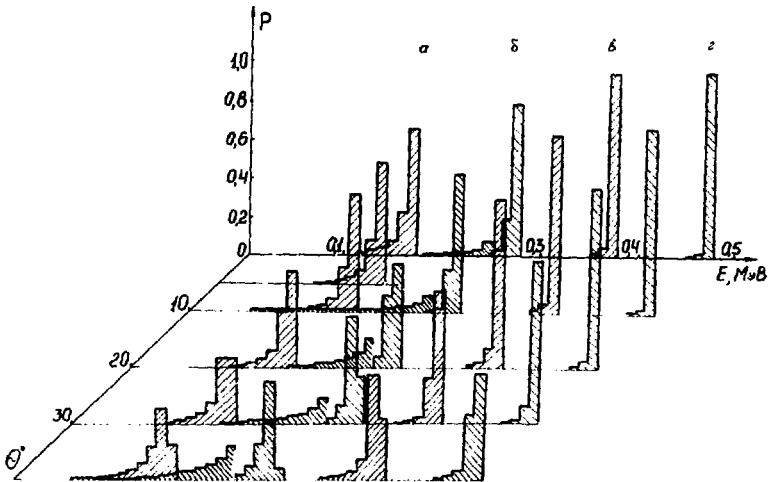


Рис.2. Распределение по энергиям электронов, прошедших через алюминиевую фольгу; начальная энергия электронов, кэВ: а - 200; б - 300; в - 400; г - 500; θ - угол падения

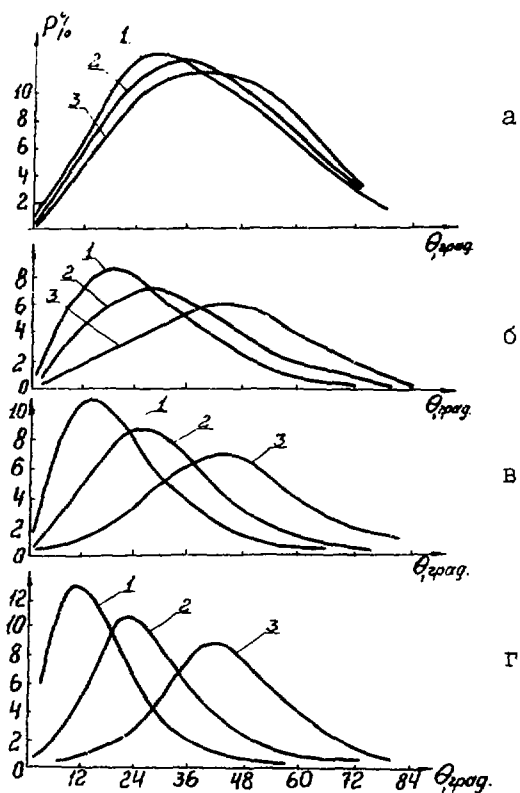


Рис.3. Распределение по углам электронов, прошедших через алюминиевую фольгу;
 начальная энергия электронов, кэВ:
 а - 200; б - 300; в - 400; г - 500;
 углы падения: 1 - 0° ; 2 - 20° ; 3 - 40°

Двойные распределения прошедших сквозь фольгу электронов по углам и энергиям представлены в виде гистограмм распределений по углам для различных интервалов энергий. На рис.4 приведен пример таких распределений для $E_0 = 400$ кэВ.

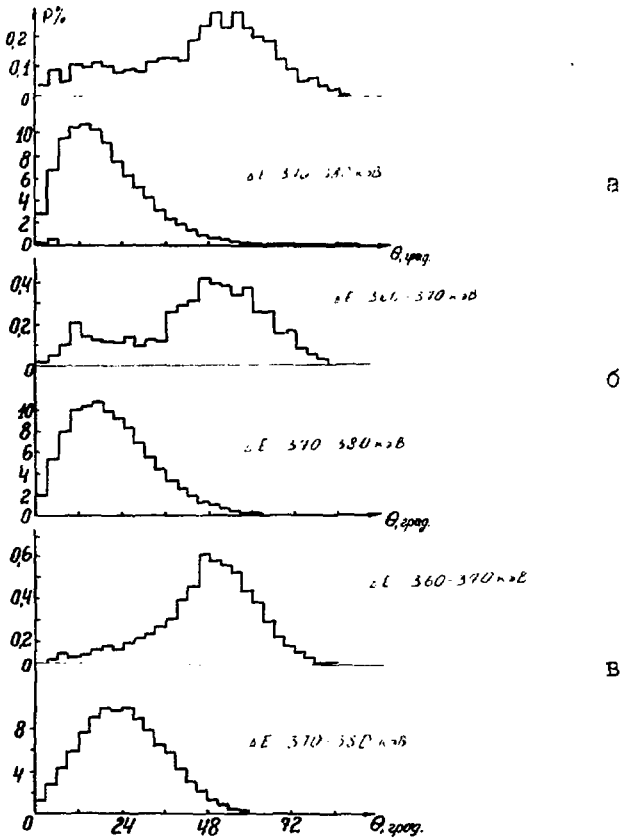


Рис. 4. Энергетические угловые распределения электронов с энергией 400 кэВ, прошедших через алюминиевую фольгу; углы падения: а - 0° ; б - 20° ; в - 40°

На основании проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Влияние угла падения электронов на фольгу наиболее сильно проявляется при низких энергиях падающих электронов.
2. Для ускорителей, в которых угол падения электронов на фольгу превышает 10° , например при сканировании пучка, в расчетах прохождения электронов до облучаемого объекта необходимо для всего рассмотренного диапазона энергий учитывать угол падения электронов.
3. Полученные значения угловых и энергетических характеристик прошедшего сквозь фольгу пучка позволяют повысить точность расчетов устройств вывода пучка ускорителей и распределения дозы на облучаемых объектах.

Коэффициент пропускания по числу частиц T_N
и по энергии T_E для различных углов падения
электронов на фольгу

Энергия электро- нов пуч- ка, кэВ	T_N %						T_E %					
	0°	5°	10°	20°	30°	40°	0°	5°	10°	20°	30°	40°
200	86,4	36,1	35,4	32,5	77,9	70,3	68,1	67,7	66,8	63,6	58,6	51,0
270	95,3	-	94,9	93,6	90,7	86,2	83,7	-	83,1	81,2	77,3	71,3
300	96,6	96,4	96,0	95,0	93,2	89,1	86,8	86,1	86,6	84,6	81,6	76,1
400	98,3	-	98,1	97,8	97,1	95,0	92,0	-	91,7	91,0	89,6	86,3
500	99,1	-	98,9	98,7	98,4	97,1	94,2	-	94,1	93,6	92,8	90,7
600	99,5	-	99,5	99,4	99,0	98,4	95,5	-	95,4	95,2	94,5	93,3
700	99,6	-	99,6	99,6	99,4	99,1	96,1	-	96,1	95,9	95,6	94,8

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аккерман А.Ф., Никитушев Ю.М., Ботвин В.А. Решение методом Монте-Карло задач прохождения быстрых электронов в веществе. Алма-Ата: Наука, 1972, с.163.
2. Seltzer S.M., Berger M.J. Transmission and reflection of electrons by foils//Nucl.Instr. and Meth. 1974. V.110, N 1. P.157-179.
3. Мотт Н., Месси Г. Теория атомных столкновений. М.: Мир, 1969.
4. Pages L., Bertel E., Joffre H., Sclavtis L. Energy loss, range and bremsstrahlung yield for 10 keV to 100 MeV electrons in various elements and chemical compounds// Atomic Data. 1972. V.4, N 1. P.1-127.
5. Hara E. Monte-Carlo calculation of the total energy loss of electrons from 0.3 to 1 MeV in aluminium foils//Nucl. Instr. and Meth. 1968. V.65, N 1. P.85-92.

Марьям Артуровна Аброян,
Александр Иосифович Мелькер,
Андрей Иванович Михайлин,
Василий Васильевич Сиротинкин,
Игорь Леонидович Токмаков

РАСЧЕТ ПРОХОЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ АЛЮМИНИЕВУЮ ФОЛГУ.
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО УГЛАМ И ЭНЕРГИЯМ

Редактор В.Л.Гусева

Подписано в печать 18.05.87 г. Т-12574. Формат 60x90/16.
Офсетная печать. Уч.-изд.л. 0,2. Тираж 130 экз.
Зак. № 187/644. Индекс 3624. Цена 3 к.

Отпечатано в НИИЭФА

Индекс 3624