

11840

Г-577

13/X-69

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

9 - 4671



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНИКИ

Н.Н.Говорун Е.М.Кулакова, Л.А.Смирнова

ПРОГРАММА РАСЧЕТА  
БЫСТРОГО РЕЗОНАНСНОГО ВЫВОДА  
ПРОТОННОГО ПУЧКА ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА  
ОИЯИ (ПРОГРАММА 401)

1969

9 - 4671

Н.Н.Говорун Е.М.Кулакова, Л.А.Смирнова

ПРОГРАММА РАСЧЕТА  
БЫСТРОГО РЕЗОНАНСНОГО ВЫВОДА  
ПРОТОННОГО ПУЧКА ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА  
ОИЯИ (ПРОГРАММА 401)

7992/2 up.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
БИБЛИОТЕКА

Расчет систем вывода первичных пучков из ускорителей в настоящее время производится, как правило, с использованием ЭВМ, что обеспечивает необходимую точность и надежность результатов. При этом, в зависимости от поставленной задачи, применяются как линеаризованные уравнения движения и упрощенное описание поля ускорителя <sup>/2-4/</sup> (быстрые матричные программы), так и полные уравнения движения с учетом точной картины поля, полученной в результате магнитных измерений <sup>/5-7/</sup>.

В последнем случае можно рассчитать оптимальное положение внутреннего выводного магнита, эффективность вывода, эмитанс выходящего пучка и т.д. Однако расчеты подобного рода требуют значительного времени. Например, один оборот пучка при расчете системы резонансного вывода на ускорителе Принстонского университета <sup>/2-3/</sup> интегрируется в течение одной секунды. Резонансная система вывода из жестко-фокусирующего ускорителя Брукхейвена в окончательном виде рассчитывалась по программе "Beam", которая интегрирует траектории протонов через измеренное поле машины. Требуемое для расчетов время очень велико - два оборота в минуту.

Программа расчета быстрого резонансного вывода первичного пучка из синхрофазотрона ОИЯИ, как показали прямые измерения на пучке <sup>/8/</sup>, моделирует процесс развития резонанса с достаточной степенью точности.

В настоящей работе описан метод расчёта и приведена программа для ЭВМ, которая использовалась при численном интегрировании траекторий протонов в условиях параметрического резонанса при быстром выводе протонного пучка из синхрофазотрона ОИЛИ /1/. Параметрический резонанс в ускорителе возбуждается при изменении показателя поля "  $n$  " и искажении кривизны замкнутой орбиты. В данном случае для этого одинаково изменялось  $n$  в двух соседних квадрантах (I и II). Магнитное поле задано следующим образом: магнитная дорожка состоит из 4 квадрантов и 4 прямолинейных промежутков. Средний радиус квадранта  $R_0 = 2800$  см, протяженность поля каждого квадранта по азимуту  $\pi/2$ , длина прямолинейного промежутка  $L = 800$  см (рис. 1). Поле в прямолинейных промежутках  $B_z = 0$ , величина поля на  $R_0$  в квадрантах  $B_0 = 13.000$  гс. В расчётах используется только вертикальная составляющая поля  $B_z$ . Величина  $B_z$  считается не зависящей от азимута, по радиусу она описана через  $n(\rho)$  (III и IV квадранты) и  $n(\rho) + \Delta n(\rho)$  (I и II квадранты). Здесь  $\rho = R - R_0$ ,  $R$  - текущий радиус.

функции  $n(\rho)$  и  $\Delta n(\rho)$  были получены в результате магнитных измерений. Они приведены в таблице I с шагом 5 см. Резонансная добавка  $\Delta n$  зависит от времени ( в данном случае от номера оборота  $K$  ):

$$\Delta n(\rho, K) = \Delta n_{\max} \sin\left(\frac{K}{K_{\max}} \cdot \frac{\pi}{2}\right).$$

В таблице I приведено распределение  $\Delta n_{\max}$ . Величина  $K_m = 435$  оборотов, т.е.  $\Delta n$  достигает максимального значения  $\Delta n_{\max}$  через 435 оборотов после начала счёта. При

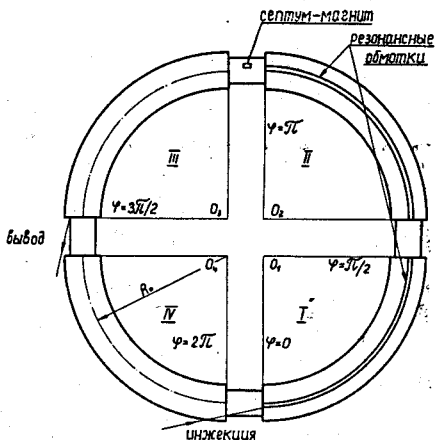


Рис. 1. Структура ускорителя и полярные системы координат, принятые при расчете.

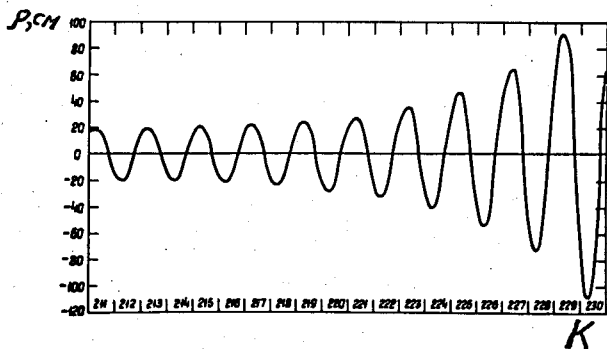


Рис. 2. Траектория протона при развитии резонанса, По оси абсцисс отложены обороты протона в линейной развертке.

этом  $\Delta n$  меняется ступенчато от оборота к обороту.

Поле в III и IV квадрантах выражено в виде:

$$B_z(\rho) = B_0 e^{\int_0^{\rho} n(\rho) d\rho / (R_0 + \rho)}$$

в I и II квадрантах:

$$B_z(\rho, \kappa) = B_0 e^{\int_0^{\rho} \frac{n(\rho) + \Delta n(\rho, \kappa)}{R_0 + \rho} d\rho}$$

Величины  $B_z(\rho)$  и  $B_z(\rho, \kappa)$  получены предварительно и введены в программу в виде таблиц с шагом 5 см. Импульс протонов выбран так, что при  $B_0 = 13000$  гс окружность с радиусом  $R_x$  является для них равновесной.

При быстром выводе рассчитывалась радиальная проекция траекторий протонов в магнитной медианной плоскости ускорителя. Использовались полные уравнения движения в цилиндрической системе координат каждого квадранта с дифференцированием по  $d(ct)$ , ( $c$  - скорость света,  $t$  - время) :

$$\ddot{r}_R = A_0 \sqrt{1 - \beta^2} [A_R - \sqrt{r}_R \cdot A] + \frac{\alpha^2}{R};$$

$$\ddot{\alpha} = A_0 \sqrt{1 - \beta^2} [A_\varphi - \alpha \cdot A] - \sqrt{r}_R \frac{\alpha}{R};$$

$$\ddot{z} = A_0 \sqrt{1 - \beta^2} [A_z - \sqrt{z} \cdot A];$$

$$\beta^2 = \sqrt{r}_R + \alpha^2 + \sqrt{z}^2;$$

$$A = \sqrt{r}_R A_R + \alpha A_\varphi + \sqrt{z} A_z;$$

$$A_R = a E_R + (\alpha H_z - \sqrt{z} H_\varphi);$$

$$A_\varphi = a E_\varphi + (\sqrt{z} H_R - \sqrt{r}_R H_z);$$

$$A_z = a E_z + (\sqrt{z} H_\varphi - \alpha H_R);$$

x) Аналитическое задание поля требовало увеличения времени интегрирования или приводило к понижению точности.

Здесь  $\dot{R} = \dot{V}_R = \frac{dR}{d(ct)}$ ;

$$\dot{\alpha} = R \frac{d\varphi}{d(ct)};$$

$$\dot{z} = \dot{V}_z = \frac{dz}{d(ct)}.$$

В данном случае  $E_R = E_\varphi = E_z = 0$ ,  $B_R = B_\varphi = 0$ ,  $V_z = 0$ .

Интегрирование системы дифференциальных уравнений производилось с помощью СП-0045 методом Рунге-Кутты с постоянным шагом по  $(ct)$ . Граница поля на концах квадрантов проходила с точностью  $\epsilon = 0,1 \cdot 10^{-7}$ .

При быстром выводе центр пучка находится на центральном радиусе  $l_0$  и не смещается с него. Для расчета каждой траектории задаются следующие начальные условия: 1) начальное отклонение  $\rho_0$  в точке I (конец IV квадранта ускорителя) 2) начальный горизонтальный угол  $\alpha_0$  в той же точке. Расчет траектории начинается с точки I и продолжается до тех пор, пока отклонение на азимуте  $\pi$  (место расположения выводного магнита) не достигнет величины  $\rho_{кон}$ , заданной предварительно. При этом  $\rho$  может быть как положительным, так и отрицательным. На печать выведены: К - номер оборота,  $\rho$  и  $\alpha$ . Варианты печати: 1) на каждом обороте печатаются 4 точки траектории (конец каждого квадранта); 2) печать тех же 4 точек начинается с определенного номера оборота, заданного заранее; 3) печать одной точки траектории на  $\varphi = \pi$  по достижении  $\rho \approx \rho_{кон}$ . На рисунке 2 приведена траектория протона при развитии резонанса в линейной развертке, по оси ординат отложено  $\rho$ , по оси абсцисс - номер оборота.

ТАБЛИЦА I

$\rho(\text{см})$	$n(\rho)$	$\Delta n(\rho)$
- 60		
- 55	0,07	0
- 50	0,20	0
- 45	0,365	0
- 40	0,445	0
- 35	0,515	0
- 30	0,555	0,02
- 25	0,595	0,06
- 20	0,62	0,10
- 15	0,635	0,17
- 10	0,655	0,22
- 5	0,67	0,21
0	0,68	0,19
5	0,695	0,21
10	0,715	0,22
15	0,73	0,17
20	0,75	0,10
25	0,765	0,06
30	0,795	0,02
35	0,835	0
40	0,9	0
45	0,975	0
50	1,160	0
55	1,7	0
60	2,14	0

ПРОГРАММА 40I

Программа написана в кодах машины типа М-20. Программа занимает 1700 ячеек.

Для ведения счета по программе необходимо на ДЗУ набрать следующую информацию:

(ДЗУ-1) - шаг интегрирования в двоично-восьмеричном коде.

(ДЗУ-2) по А<sub>II</sub>-0014 - печать на всех границах,

0 - печать по другим режимам.

(ДЗУ-3) - число № (двоичное) число оборотов, через которое происходит печать данных на границах квадранта.

(ДЗУ-4) - 0.00.000.0000.0001 - печать информации в рабочих ячейках .

(ДЗУ-4) - 0.00. 0000.0000.0002 - накопление в каждой точке

В результате длительного счета для ДЗУ подобраны следующие величины:

(ДЗУ-1) - 1.12.4000.0000.0000

(ДЗУ-2) - 0.00. 0000.014.0000

(ДЗУ-3) - 101.4000.0000.0000

(ДЗУ-4) - 0.00.0000.0000.0002.

Ниже приведена программа 40I.



00570 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

2

00600 302 3231 1220 0000  
 1 302 4151 4060 0000  
 2 302 4566 0460 0000  
 3 301 0401 2466 0000

00604 302 4631 4420 0000  
 5 302 4510 0520 0000  
 6 302 4162 4400 0000  
 7 302 3803 1400 0000

00610 302 3204 4000 0000  
 1 302 2571 1400 0000  
 2 302 2151 2400 0000  
 3 302 1526 1400 0000  
 4 302 1071 3400 0000  
 5 302 0440 3000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 102 0442 1020 0000

3

00620 102 1106 3600 0000  
 1 102 1564 3620 0000  
 2 102 2406 0460 0000  
 3 102 3100 3520 0000  
 4 102 3571 2540 0000  
 5 102 4444 1500 0000  
 6 101 0407 3543 0000  
 7 101 0444 1605 0000

4

00630 101 0503 0000 0000  
 1 101 0548 1420 0000  
 2 101 0625 0600 0000  
 3 101 1051 1100 0000

00634 101 1150 2150 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

00640 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

5

00650 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

6

00660 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000

00664 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

00670 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

7

00700 302 0542 1400 0000  
 1 302 0542 1400 0000  
 2 302 0542 1400 0000  
 3 302 0542 1400 0000  
 4 302 0542 1400 0000  
 5 302 0542 1400 0000  
 6 302 0542 1400 0000  
 7 302 0542 1400 0000

8

00710 302 0531 3400 0000  
 1 302 0521 2400 0000  
 2 302 0465 1400 0000  
 3 303 0411 1000 0000

00714 303 3502 2400 0000  
 5 303 1527 2400 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 103 1507 4400 0000

00720 103 3404 0400 0000  
 1 102 0402 2000 0000  
 2 102 0445 2400 0000  
 3 102 0471 3000 0000  
 4 102 0506 3400 0000  
 5 102 0520 1400 0000  
 6 102 0520 1400 0000  
 7 102 0520 1400 0000

9

00730 102 0520 1400 0000  
 1 102 0520 1400 0000  
 2 102 0520 1400 0000  
 3 102 0520 1400 0000  
 4 102 0520 1400 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

10

00740 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000

00744 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

00750 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

II

01104 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 001 1000 0000 0000  
 7 001 1424 0531 1145

01110 003 2000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 004 1200 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 4626 1424 4230  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

I3

01274 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000  
 01300 114 0000 0000 0000  
 1 144 0000 0000 0000  
 2 056 0000 1420 0102  
 3 077 0000 0000 0000  
 4 036 0000 1461 0000  
 5 056 1304 1465 1464  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

I5

01310 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000  
 01320 016 1321 1543 1553  
 1 000 0000 0000 0173  
 2 030 2075 1323 0000  
 3 016 1324 7501 7610

I6

01324 052 2075 0042 2076  
 5 056 0000 5604 0000  
 6 016 1327 7501 7610  
 7 001 2076 0071 0120  
 01330 005 0115 0120 0114  
 1 005 0115 0121 0115  
 2 016 1333 1554 1640  
 3 016 1334 7501 7610  
 4 052 0200 0110 0220  
 5 052 4500 1436 5100  
 6 016 1337 7501 7610  
 7 052 2075 0043 2776

I7

01340 056 0000 1320 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000  
 01350 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000

I8

01354 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000  
 01360 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000

I9

I2

01370 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 001 0004 0000 0006  
 6 002 0002 0005 0005  
 7 056 0000 1405 0000  
 01400 001 0100 1000 0001  
 1 005 0001 1001 0002  
 2 001 0002 1002 0003  
 3 061 1301 0003 0004

20

01404 056 0000 1375 0000  
 5 034 1300 0004 0006  
 6 472 0000 0006 1420  
 7 602 0000 0001 0007  
 01410 005 0007 0005 0010  
 1 402 0000 0010 0101  
 2 056 0000 1420 0102  
 3 602 0700 0701 0011  
 4 005 0011 0005 0012  
 5 402 0700 0012 0102  
 6 005 0102 0104 0102  
 7 001 0102 0101 0101

21

01420 000 0000 0000 0000  
 1 002 7761 0101 0103  
 2 005 0103 1004 0103  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000  
 01430 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000

22

01434 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000  
 01440 000 0000 0000 0000  
 1 004 0115 0112 0143  
 2 005 0115 0143 0144  
 3 002 0112 1003 0100  
 4 016 1445 1400 1432  
 5 005 0103 1006 0160  
 6 005 0160 0115 0161  
 7 001 0161 0144 0144

23

01450 001 0100 0143 0162  
 1 005 0162 0114 0145  
 2 002 0000 0145 0145  
 3 056 0114 1440 0142  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000  
 01460 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 056 0000 1566 0000  
 3 002 0113 7756 0163

24

01464 036 0000 1461 0000  
 5 003 1010 0163 0164  
 6 076 0000 1503 0000  
 7 004 0112 0115 0165  
 01470 005 0165 0163 0166  
 1 002 0000 0166 0110  
 2 056 1305 1461 1464  
 3 000 0000 0000 0113  
 4 004 0114 0315 0167  
 5 005 0167 1007 0170  
 6 001 0112 0170 0112  
 7 001 0106 7761 0106

25

01500 005 0106 7756 0077  
 1 000 7771 0000 0110  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0001  
 5 000 1302 0000 1412  
 6 016 1507 1611 1502  
 7 016 1510 1461 1503  
 01510 000 1307 0000 0001  
 1 000 0000 0000 1412  
 2 016 1513 1611 1502  
 3 001 0105 7761 0105

26

01514 004 0105 1011 0171  
 5 005 0171 7756 0172  
 6 016 1517 7501 7610  
 7 000 0172 0005 0104  
 01520 000 0000 0000 0106  
 1 016 1522 1461 1503  
 2 000 1310 0000 0001  
 3 000 0000 0000 1412  
 4 016 1525 1611 1502  
 5 016 1526 1461 1503  
 6 056 1311 1622 0001  
 7 056 1504 1461 1503

27

01530 050 0013 0001 7767  
 1 070 7500 1530 0000  
 2 016 1533 7501 7610  
 3 052 0000 0042 1200  
 4 050 0013 0001 7767  
 5 070 7500 1534 0000  
 6 016 1537 7500 7610  
 7 016 0000 0000 3775  
 01540 016 1541 7500 7610  
 1 016 1105 0105 1115  
 2 017 0000 0000 0000  
 3 050 0013 0001 7767

28

01544 070 7500 1543 0000  
 5 052 6000 0000 7541  
 6 052 6000 0000 7615  
 7 050 0012 0000 3775  
 01550 070 0000 1547 0000  
 1 050 0012 0105 0115  
 2 070 0105 1551 0000  
 3 056 0000 1321 0000  
 4 000 7771 0000 0110  
 5 005 0106 7756 0077  
 6 004 0105 1011 0004  
 7 005 0004 7756 0005

29

01560 016 1501 7501 7610  
 1 000 0005 0005 0104  
 2 016 1503 7501 7610  
 3 004 0142 0045 0112  
 4 000 1441 1462 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 056 7721 7774 0000  
 7 036 0000 1576 0000  
 01570 452 0000 0000 1573  
 1 500 0077 0000 0500  
 2 112 0016 1571 0001  
 3 000 0000 0000 0000

30

01574 016 1575 7501 7610  
 5 072 0500 0027 0516  
 6 055 1306 7774 0000  
 7 036 0105 1463 2077  
 01600 472 0000 0173 1573  
 1 101 0077 0113 2100  
 2 100 0100 0000 2101  
 3 104 0114 0115 2102  
 4 112 0677 1606 0003  
 5 052 0000 0000 0000  
 6 472 0000 1573 0173  
 7 056 0000 1463 0000

31

01610 000 0000 0000 0000  
 1 472 0000 0001 1620  
 2 100 0105 0000 0200  
 3 101 0077 0113 0201  
 4 100 0100 0000 0202  
 5 004 0114 0115 0005  
 6 016 1617 7501 7610  
 7 100 0005 0012 0203  
 01620 000 0000 0000 0000  
 1 056 0000 1473 0000  
 2 000 1302 0000 1412  
 3 016 1624 1611 1502

32

01624 056 0000 5575 0000  
 5 001 0001 1013 0002  
 6 021 0002 7753 0003  
 7 002 0001 0003 0001  
 01630 003 0001 1013 0000  
 1 076 0000 1536 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 003 0100 1014 0000  
 7 036 0000 1527 0000

33

01640 017 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000  
 4 000 0000 0000 0000  
 5 000 0000 0000 0000  
 6 000 0000 0000 0000  
 7 000 0000 0000 0000  
 01650 000 0000 0000 0000  
 1 000 0000 0000 0000  
 2 000 0000 0000 0000  
 3 000 0000 0000 0000

34

ЛИТЕРАТУРА:

1. Л. П. Зиновьев, И. Б. Иссинский, Е. М. Кулакова, В. И. Котов, К. П. Мызников, Н. И. Павлов. Препринт ОИЯИ Р-2387, Дубна (1965)
2. M. Q. Barton, V Intern. Conf. on High En. Acc., 48I, Frascati (1965).
3. M. Q. Barton, Internal Report BNN, AADD-86, (1965).
4. К. П. Мызников, Ю. М. Сапунов, В. М. Татаренко, Ю. С. Федотов, А. М. Фролов. Препринт ИФВЭ СКУ-6857 (1968).
5. J. W. Beniot, K. B. Conner, J. Kirchgessner and F. C. Shoemaker. IEEE Trans. on N.S., NS-12, No 3, 962 (1965).
6. J. Kirchgessner et. al., V International Conf. on High En. Acc., 48I, Frascati (1965).
7. M. R. Harold, Rutherford Laboratory Report RHEL/RI73 (1968).
8. I. B. Issinsky, E. M. Kulakova et. al., VI International Conf. on High En. Acc., 336, Cambridge (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 августа 1969 года.