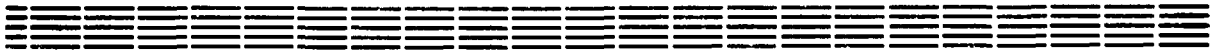


3118806329

ЭФИ-

Препринт ЕФИ-976(26)-87

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



В.П.АКОПЯН, И.П.КАРАБЕКОВ, В.А.ПРЕЙЗЕНДОРФ

**КАНАЛЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПУЧКОВ ЭЛЕКТРОНОВ
В УСКОРИТЕЛЬНО-НАКОПИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ
ЕРСИНЭ-1.5**

ЦНИИАтоминформ
ЕРЕВАН — 1987

Վ.Պ. ՀԱԿՈՔՅԱՆ, Ի.Պ. ԿԱՐԱՔԵԿՈՎ, Վ.Ա. ՊՐԵՑԶԵՆԴՈՐՖ*

ԷԼԵԿՏՐՈՆՆԵՐԻ ՓՆՋԻ ՓՈԽԱԴՐՄԱՆ ԿԱՆԱԼՆԵՐԸ ԵՐՍԻՆԷ-1.5
ԱՐԱԳԱՑՈՒՑԻՉ-ԿՈՒՏԱԿԻՉԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ

Բերված են միկրոտրոնից բուստեր և բուստերից կուտակիչ անցնող էլեկտրոնների փնջի փոխադրման կանալների հաշվարկի և օպտիմալացման արդյունքները ԵՐՍԻՆԷ արագացուցիչ-կուտակիչային համակարգի նախագծի համար, որը մասնագիտացված է իբրև սինցրոտրոնային մտազայթման աղբյուր: Տրված են ERNAC ծրագրի բնութագրերը և համառոտ սկարագրությունը՝ մշակված փոխադրման ռեժիմում փոխադրման տրակտի հաշվարկի համար, որը հեշտացնում է կանալի կառուցվածքի օպտիմալացումը:

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1987

* ՀՄԻ



УДК 621.384.663:519.283:621.384.665

В.П.АКОПЯН, И.П.КАРАБЕКОВ, В.А.ПРЕЙЗЕНДОРФ*

КАНАЛЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПУЧКОВ ЭЛЕКТРОНОВ
В УСКОРИТЕЛЬНО-НАКОПИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

ЕРСИНЭ-1.5

Приведены результаты расчетов и оптимизации каналов транспортировки пучков электронов из микротрона в бустер и из бустера в накопительное кольцо для проекта ускорительно-накопительного комплекса ЕРСИНЭ, специализированного для генерации синхротронного излучения. Дано краткое описание и характеристики программы ERNAC, разработанной для проведения расчетов трактов транспортировки в интерактивном режиме, который облегчает процесс оптимизации структуры канала.

Ереванский физический институт

Ереван 1987

* ОИЯИ

V.P. AKOPIAN, I.P. KARABEKOV, V.A. PREISENDORF*

ELECTRON BEAM TRANSPORTATION LINES IN ERSINE-1.5
STORAGE RING COMPLEX

The results of calculations and optimization of electron beam transportation lines from the microtron to booster and from booster to the storage ring in the complex ERSINE intended for a synchrotron radiation source, are presented. A brief description and characteristics of the program ERNAC, adopted for the calculation and easy optimization of the transportation beam lines in interactive mode are given.

Yerevan Physics Institute
Yerevan 1987

* JINR

Введение

Составной частью ускорительно-накопительных установок являются каналы транспортировки (КТ) пучков заряженных частиц между отдельными функциональными узлами комплекса. Выполняя задачу согласования амплитудных и дисперсионных функций, КТ являются одними из наиболее ответственных систем, требующих тщательной оптимизации, учитывающей следующие требования.

1. Максимальные значения отгибания пучка на протяжении всего тракта должны быть минимизированы.
2. Электронно-оптическая структура тракта должна содержать минимальное число элементов.
3. Электронно-оптические элементы тракта должны иметь минимальные продольные размеры.
4. Значения магнитных полей в элементах должны находиться в диапазоне, где эффекты насыщения магнитопровода и влияние остаточных магнитных полей пренебрежительно малы.
5. Элементы магнитной оптики должны иметь по возможности единое конструктивное решение.

Процесс оптимизации КТ по этим критериям требует значительного числа изменений количества элементов их взаимного расположения, условий, накладываемых на характеристики пучка в заданных точках. Такие расчеты целесообразно проводить в интерактивном режиме (диалог с ЭВМ), который, позволяя оперативно менять параметры КТ и характеристики пучка, облегчает поиск оптимального решения задачи транспортировки в целом.

Для расчета КТ существует ряд программ [1-4]. Программы [1-2] не позволяют работать в диалоговом режиме, что усложняет процесс оптимизации. Программа [3-4] ориентирована на ЭВМ ЕС-1010, что создает большие трудности при адаптации на другие ЭВМ.

Для расчета и оптимизации КТ проектируемого в Ереванском физическом институте ускорительно-накопительного комплекса ЕРСИНЭ-1.5 была написана программа ERNAC на языке FORTRAN. Накопительный комплекс ЕРСИНЭ-1.5, специализированный для генерации синхротронного излучения, содержит КТ частиц энергией 20 МэВ из микротрона в бустер и пучка с энергией $E=500\text{МэВ}$ и из бустера в накопительное кольцо. Схематическое изображение траекторий пучков накопительного комплекса, включая КТ, показаны на рис.1.

В данной работе приводятся результаты оптимизации этих трактов транспортировки с учетом вышеприведенных требований.

1. Матричный формализм расчета магнитно-оптических систем

При расчете каналов транспортировки пучков заряженных час-

тиц использовался матричный метод [6-9]. Движение частиц рассматривалось в натуральной системе координат (x, z, s) , где x, z - радиальное и вертикальное отклонения частиц от равновесной траектории, s - продольная координата.

В такой системе координат поперечное движение пучка описывается функциями $\alpha(s)$, $\beta(s)$, $\gamma(s)$, задающими положение фазового эллипса в текущей точке s вдоль оси канала в соответствии с уравнением

$$\gamma(s)y^2 + 2\alpha(s)yy' + \beta(s)y'^2 = E_y, \quad (1)$$

где y - горизонтальная (x) или вертикальная (z) координата пучка, $y' = dy/ds$, а E_y - соответствующий эмиттанс пучка. Функции $\alpha(s)$, $\beta(s)$ и $\gamma(s)$ связаны соотношением:

$$\beta(s)\gamma(s) - \alpha^2(s) = 1. \quad (2)$$

Огибающая пучка и максимальный угол расходимости задаются выражениями:

$$\begin{aligned} y_{\max} &= (E_y \cdot \beta(s))^{1/2} + / \eta(s) / \frac{\Delta p}{p}, \\ y'_{\max} &= (E_y \cdot \gamma(s))^{1/2} + / \eta'(s) / \frac{\Delta p}{p}, \end{aligned} \quad (3)$$

где η и η' - дисперсия и её производная, а $\Delta p/p$ - импульсный разброс пучка. Текущие значения $\alpha(s)$, $\beta(s)$, $\gamma(s)$ изменяются в соответствии с трехмерным линейным преобразованием, которое в матричной форме имеет вид [7]

$$\begin{pmatrix} \beta \\ \alpha \\ \gamma \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}^2 & -2a_{11}a_{12} & a_{12}^2 \\ -a_{11}a_{21} & 1+a_{12}a_{21} & -a_{12}a_{22} \\ a_{21}^2 & -2a_{22}a_{21} & a_{22}^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \alpha_0 \\ \gamma_0 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где a_{ij} - коэффициенты матрицы перехода A соответствующего элемента.

Матрицы перехода для различных элементов магнитной оптики имеют следующий вид [5-9].

1. Для свободного промежутка длиной L

$$A = \begin{pmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

2. Для фокусирующей квадрупольной линзы длиной L

$$A = \begin{pmatrix} \cos \theta & \frac{1}{k} \sin \theta \\ -k \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где $\theta = kL$, $k = (G/V\rho)^{1/2}$, G - градиент магнитного поля ($G > 0$) в линзе, $V\rho$ - магнитная жесткость пучка.

3. Для дефокусирующей квадрупольной линзы длиной L

$$A = \begin{pmatrix} \operatorname{ch} \theta & \frac{1}{k} \operatorname{sh} \theta \\ k \operatorname{sh} \theta & \operatorname{ch} \theta \end{pmatrix} \quad (7)$$

4. Заворачивающий магнит длиной L вдоль осевой траектории пучка для x направления задается матрицей [7]

$$A_x = \begin{pmatrix} \frac{\cos(\varphi + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} & \rho \sin \varphi \\ -\frac{(1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2) \sin(\varphi + \varphi_1 + \varphi_2)}{\rho \cos(\varphi_1 + \varphi_2)} & \frac{\cos(\varphi + \varphi_2)}{\cos \varphi_2} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

а для Z - направления - матрицей

$$A_z = \begin{pmatrix} 1 + \varphi \operatorname{tg} \varphi_1 & \rho \cdot \varphi \\ \frac{1}{\rho} (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 + \varphi \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2) & 1 + \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Здесь B - поле в рабочем зазоре, φ_1 и φ_2 - углы между осевой траекторией и нормалью к краю магнита на входе и выходе, ρ - радиус кривизны траектории и $\varphi = L/\rho$ - угол поворота в заворачивающем магните.

При расчете каналов транспортировки комплекса ЕРСИНЭ-1.5 использовались секторные магниты ($\varphi_1 = \varphi_2 = 0$), хотя программа ЕРНАС позволяет использовать и магниты с краевой фокусировкой.

Изменение вектора дисперсии задается преобразованием:

$$\begin{pmatrix} \eta \\ \eta' \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} \eta_0 \\ \eta'_0 \end{pmatrix} + C, \quad (10)$$

где вектор C равен нулю везде, кроме заворачивающего магнита, для которого он имеет вид:

$$C = \begin{pmatrix} \rho (1 - \cos \varphi) \\ \operatorname{tg} \varphi_2 (1 - \cos \varphi) - \sin \varphi \end{pmatrix} \quad (11)$$

2. Краткое описание программы

На основе приведенных выше выражений создана оптимизирующая интерактивная программа ERNAS для расчета систем транспортировки заряженных частиц, которая выполняет следующие операции:

1. Осуществляет ввод параметров системы транспортировки, энергетические и пространственные характеристики пучка как с терминала, так и из файла на диске с возможностью их изменения в процессе счета.

2. Определяет характеристические функции магнитной системы (α , β , η , η'), огibaющие α_x , α_z , и отображает их на экране дисплея и при необходимости на АЦПУ в виде цифровой таблицы, и осуществляет оперативный пересчет этих функций при изменении параметров канала, что позволяет выбрать хорошее начальное приближение для минимизации нижеописанного функционала,

3. Производит расчет параметров системы транспортировки, обеспечивающих выполнение условий накладываемых на характеристики пучка, с заданной точностью.

4. Позволяет контролировать ход вычислений и вмешиваться в процесс счета.

5. Сохраняет промежуточные результаты на диске с целью их дальнейшего использования в качестве входных данных, а также для вывода на АЦПУ и графопостроитель.

Входными данными программы являются поперечные размеры и

энергетическое распределение пучка на входе в КТ и параметры самого канала. Количество точек оптимизации в КТ где задаются требуемые характеристики пучка, не должно превышать 5, а количество элементов - 35.

На входе в блок минимизации необходимо задать:

- 1) количество точек оптимизации в канале;
- 2) порядковые номера элементов структуры канала, на конце которых производится оптимизация;
- 3) характеристики пучка в точках оптимизации;
- 4) количество и порядковые номера варьируемых элементов структуры;
- 5) требуемую абсолютную или относительную точность вычислений;
- 6) начальный шаг для определения производной нижеописанного функционала по соответствующим параметрам варьирования.

Эти данные вводятся при высвечивании на экране соответствующего сообщения (подсказки).

Программа вычисляет требуемые значения варьируемых элементов при помощи минимизации квадратичного функционала

$$F = \sum_{i=1}^k \left(\frac{x_i - x_{oi}}{\delta_i} \right)^2, \quad (12)$$

где x_{oi} - требуемые значения характеристик магнитной системы (α , β , η , η') в заданных точках оптимизации, x_i - вычисленные характеристики в этих точках, δ_i - требуемая точность достижения заданных значений.

Минимизация этого функционала производится методом градиентного спуска [10].

3. Результаты расчетов

В ускорительно-накопительном комплексе ЕФСИНЭ-1.5 проектируется два канала транспортировки заряженных частиц - канал инжекции частиц из микротрона в бустер и канал перевода частиц из бустера в накопительное кольцо.

На входе в канал инжекции в бустер задаются следующие характеристики пучка:

$$\begin{aligned} E_0 &= 20 \text{ МэВ}, & \Delta E/E_0 &= 10^{-3}, & B\rho &= 0,0667 \text{ ТМ} \\ E_x &= 10^{-5} \text{ мрад}, & E_z &= 10^{-5} \text{ мрад}, \\ \beta_x &= 2,5 \text{ м}, & \beta_x' &= 0, & \eta &= 0 \\ \beta_z &= 2,5 \text{ м}, & \beta_z' &= 0, & \eta' &= 0 \end{aligned}$$

При расчетах канал был разделен на два функциональных участка: один для сшивания дисперсии и ее производной, второй для согласования поперечных фазовых эллипсов.

Первый участок содержит два дуллета, осуществляющих согласование поперечных фазовых осъемов, полученных на конце второго участка и инжектируемого пучка.

Второй участок содержит секторный магнит, EDF триплет квадрупольных линз и септум-магнит. Он осуществляет сшивание дисперсионных функций и их производных тракта инжекции и бустера.

В табл. I приведены результаты оптимизации канала для варианта с линзами длиной 10 см. Как видно из таблицы, параметры пучка и электронно-оптических элементов в этом варианте удовлетворяют требованиям в п. I и дают хорошее согласование простран-

ственно-угловых и дисперсионных характеристик. График огибающей приведен на рис.2.

В таблице обозначения имеют следующий смысл:

NUMBER	- порядковый номер элемента структуры канала транспортировки
TYPE	- тип соответствующего элемента
IN	- входные параметры пучка
DS	- дрейфовый промежуток
SM	- секторный заворачивающий магнит
QL	- квадрупольная линза (положительный знак градиента соответствует фокусировке в горизонтальной плоскости)
LENGTH (T)	- длина соответствующего элемента структуры (в скобках указано расстояние от входа в канал транспортировки)
B OR G	- величина поля в магнитах или градиента линз соответственно.

Нижеследующие значения относятся к концу соответствующего элемента структуры канала

BETA _X	- значение горизонтальной составляющей амплитудной функции
A _X	- значение горизонтальной огибающей
BETA _X '	- значение производной горизонтальной составляющей амплитудной функции
A _X '	- угол направленности горизонтальной огибающей
BETA _Z , A _Z	- значения вертикальной составляющей тех же величин соответственно
BETA _Z ', A _Z '	- значения производных тех же величин соответственно

DISP - значение дисперсии пучка

DDISP - значение производной дисперсии пучка.

Оптимизация КТ пучка из бустера в накопительное кольцо осуществляется при следующих значениях параметров пучка на входе:

$$E = 0,5 \text{ ГэВ}, \quad \Delta E/E = 10^{-3}, \quad \beta_{\varphi} = 1,6675 \text{ т}\cdot\text{м},$$

$$E_x = 0,55 \cdot 10^{-5} \text{ м}\cdot\text{рад}, \quad E_z = 10^{-6} \text{ м}\cdot\text{рад}$$

$$\beta_x = 2,6589 \text{ м}, \quad \beta'_x = -1,579 \text{ рад}, \quad \eta = 1,954 \text{ м}$$

$$\beta_z = 4,952 \text{ м}, \quad \beta'_z = 1,898 \text{ рад}, \quad \eta' = -0,2946 \text{ рад}$$

и на выходе из трека:

$$\beta_x = 3,514 \text{ м}, \quad \beta'_x = 3,661 \text{ рад}, \quad \eta = 0,729 \text{ м}$$

$$\beta_z = 2,9497 \text{ м}, \quad \beta'_z = -2,973 \text{ рад}, \quad \eta' = 0,29139 \text{ рад}.$$

При расчетах КТ был разделен на три функциональные части.

В табл.2 приведены результаты оптимизации этого канала.

График огибающей пучка приведен на рис.3.

В заключение, авторы благодарят Мартirosяна Г.В. и Гагияна О.А. за полезные обсуждения в процессе выполнения работы.

Таблица I

LIST OF RESULTS-VARIANT- 8 (27-JUL-84 13:46:54)

NUMB	TYPE	LEN	IN	B	BETA	AX	RETX	AX'	RETAX	AZ	RETZ	AZ'	DISP	DIFF
		(CH)	(ERS/ERS/CH)	(CH)	(CH)	(CH)	(RAD)	(MRAD)	(CH)	(CH)	(RAD)	(MRAD)	(CM)	(MRAD)
0	IN	0.00	0.00	250.000	0.500	0.000	0.000	0.000	250.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000
1	DS	10.00	10.0	0.000	0.500	0.080	0.080	0.080	250.400	0.500	0.080	0.080	0.000	0.000
2	SM	29.45	39.5	-889.600	19.130	0.468	-2.093	-2.236	256.225	0.506	0.316	0.312	-5.710	-382.762
3	DS	12.50	52.0	0.000	194.459	0.441	-1.854	-2.102	260.795	0.511	0.416	0.407	-10.494	-382.762
4	GL	10.00	62.0	-50.000	190.902	0.437	-1.288	-2.467	246.071	0.496	-3.287	-3.313	-14.766	-476.853
5	DS	10.00	72.0	0.000	202.842	0.450	1.263	1.402	214.709	0.463	-2.986	-3.222	-19.534	-476.853
6	GL	10.00	82.0	312.818	131.307	0.762	-13.260	-18.297	293.810	0.542	21.205	19.560	-19.534	476.856
7	DS	10.00	92.0	0.000	32.944	0.182	-0.412	-17.665	544.463	0.738	28.926	19.600	-14.766	476.856
8	UL	10.00	102.0	-50.000	3.202	0.057	0.316	2.793	817.320	0.904	24.275	13.426	-10.494	382.765
9	DS	12.50	114.5	0.000	57.168	0.239	8.318	17.395	1149.118	1.072	28.812	13.439	-5.710	382.765
10	SM	29.45	143.9	-889.600	532.974	0.730	22.315	15.283	2155.034	1.468	39.501	13.454	0.000	0.002
11	DS	30.00	173.9	0.000	1414.341	1.189	36.443	15.322	3503.397	1.872	50.390	13.461	0.000	0.002
12	GL	10.00	183.9	-112.078	2097.148	1.448	107.683	37.183	3413.426	1.848	-67.365	-18.231	0.000	0.007
13	DS	15.00	198.9	0.000	4023.526	2.006	149.167	37.183	2477.802	1.574	-57.385	-18.228	0.000	0.007
14	GL	10.00	208.9	198.175	4280.276	2.069	-103.007	-24.894	2632.082	1.622	91.238	28.119	0.000	-0.006
15	DS	15.00	223.9	0.000	2874.668	1.695	-84.408	-24.892	4178.634	2.044	114.969	28.121	0.000	-0.006
16	GL	10.00	233.9	-189.710	2827.421	1.681	74.079	22.028	4114.275	2.028	-126.597	-31.207	0.000	0.004
17	DS	15.00	248.9	0.000	4047.864	2.012	88.647	22.030	2434.494	1.560	-97.374	-31.204	0.000	0.004
18	GL	10.00	258.9	88.104	4393.210	2.096	-22.646	-5.402	1810.470	1.346	-32.878	-12.217	0.000	-0.002
19	DS	20.00	278.9	0.000	3952.062	1.988	-21.469	-5.400	1212.834	1.101	-26.885	-12.206	0.000	-0.002
20	SM	52.36	331.3	667.000	2107.925	1.452	-42.413	-14.606	215.854	0.465	-11.196	-12.049	13.398	499.998
21	DS	65.00	396.3	0.000	254.457	0.504	-14.616	-14.488	121.078	0.348	8.280	11.898	43.898	499.998
22	GL	10.00	406.3	-228.850	194.191	0.441	1.215	1.379	162.540	0.403	-0.959	-1.189	59.290	2254.625
23	DS	55.00	461.3	0.000	282.353	0.531	1.991	1.873	132.693	0.364	-0.127	-0.174	183.294	2254.625
24	GL	10.00	471.3	26.099	291.536	0.540	-0.178	-0.165	137.419	0.371	1.084	1.462	202.120	1498.115
25	DS	40.00	511.3	0.000	289.941	0.539	0.098	0.091	195.849	0.443	1.837	2.076	262.044	1498.115
26	SM	52.36	563.6	-667.000	230.358	0.480	-2.162	-2.253	317.851	0.564	2.823	2.504	288.445	-512.820
27	DS	37.50	601.1	0.000	162.509	0.403	-1.456	-1.806	436.947	0.661	3.529	2.669	269.214	-512.820

OUTPUT PARAMETERS

BETA= 0.16-51E+03 ALFA= 0.72812E+00 RETAZ= 0.43695E+03 ALFAZ= -0.17644E+01

Table 2

LIST OF RESULTS-VARIANT- 9 (27-JUL-84 13:48:15)

NUMBER	TYPE	LENGTH(TOTAL) (CM)	B OR G (ERS/ERS/CM)	BETAX (CM)	AX (CM)	BETX' (RAD)	AX' (MRAD)	BETAZ (CM)	AZ (CM)	BETZ' (RAD)	AZ' (MRAD)	DISP (CM)	DISP (MM)
0	JN	0.00(0.0)	0.000	511.147	0.530	-3.935	-2.041	137.200	0.117	1.080	0.461	335.900	-517.800
1	DS	20.00(20.0)	0.000	435.259	0.490	-3.554	-1.995	162.566	0.128	1.457	0.571	325.644	-512.800
2	SM	91.19(111.2)	-6065.000	165.035	0.301	-2.170	-1.981	373.672	0.193	3.173	0.821	246.489	-1206.967
3	DS	100.00(211.2)	0.000	79.951	0.210	0.469	0.615	785.161	0.280	5.056	0.902	125.793	-1206.967
4	QL	20.00(231.2)	-574.533	107.407	0.243	2.403	2.719	776.375	0.279	-5.894	-1.058	109.952	-395.493
5	DS	67.50(298.7)	0.000	373.306	0.453	5.475	3.323	435.380	0.209	-4.210	-1.009	83.256	-395.493
6	QL	20.00(318.7)	114.356	479.562	0.514	5.052	2.705	366.836	0.192	-2.708	-0.707	74.231	-504.895
7	DS	80.00(398.7)	0.000	982.217	0.735	7.514	2.812	199.640	0.141	-1.472	-0.521	33.840	-504.895
8	SM	130.90(529.6)	6671.400	1781.781	0.990	3.539	0.983	139.268	0.118	0.550	-0.233	0.001	0.003
9	DS	30.00(559.6)	0.000	1890.051	1.020	3.679	0.992	162.710	0.128	1.013	0.397	0.001	0.003
10	QL	40.00(599.6)	648.887	1025.943	0.751	-37.418	-13.698	363.418	0.191	11.044	2.897	0.001	-0.010
11	DS	70.00(669.6)	0.000	83.210	0.214	10.482	13.475	1561.095	0.395	23.175	-2.933	0.000	-0.010
12	QL	20.00(689.1)	-758.123	481.206	0.514	31.726	16.959	1732.696	0.416	-7.080	-0.850	0.000	-0.011
13	DS	62.50(752.1)	0.000	4514.907	1.576	97.352	16.989	1320.716	0.363	-6.104	-0.840	0.001	-0.011
14	QL	40.00(792.1)	652.303	5337.474	1.713	-65.285	-10.478	2002.230	0.447	47.078	5.261	0.001	0.005
15	DS	70.00(862.1)	0.000	1746.448	0.980	-37.310	-10.468	6656.160	0.816	85.891	5.264	0.001	0.005
16	QL	20.00(882.1)	-674.477	1302.284	0.846	-9.522	-3.094	7267.436	0.852	-28.132	-1.650	0.001	-0.000
17	DS	40.00(922.1)	0.000	950.475	0.723	-8.068	-3.069	6185.924	0.787	-25.943	-1.649	0.001	-0.000
18	SM	80.72(1002.8)	6671.400	361.050	0.446	-6.014	-3.711	4270.070	0.653	-21.526	-1.647	13.055	320.610
19	DS	60.00(1062.8)	0.000	100.347	0.233	-2.676	-3.133	3077.024	0.555	-18.242	-1.644	32.292	320.610
20	QL	20.00(1082.8)	-179.110	60.961	0.183	-1.319	-1.981	2601.751	0.510	-28.595	-2.803	39.454	398.211
21	DS	67.50(1150.3)	0.000	79.162	0.209	1.858	2.449	1031.318	0.321	-17.936	-2.793	66.333	398.211
22	QL	20.00(1170.3)	497.647	113.278	0.280	1.415	1.559	805.413	0.284	-5.555	-0.979	70.177	-17.701
23	DS	60.00(1230.3)	0.000	245.863	0.368	3.004	2.247	511.045	0.226	-4.257	-0.942	69.115	-17.701
24	SM	90.50(1320.8)	10937.000	474.793	0.511	1.433	0.771	214.419	0.146	-2.298	-0.785	81.881	291.298

 OUTPUT PARAMETERS
 BETAX= 0.47479E+03 ALFAZ=0.71641E+00 BETAZ= 0.21442E+03 ALFAZ= 0.11492E+01

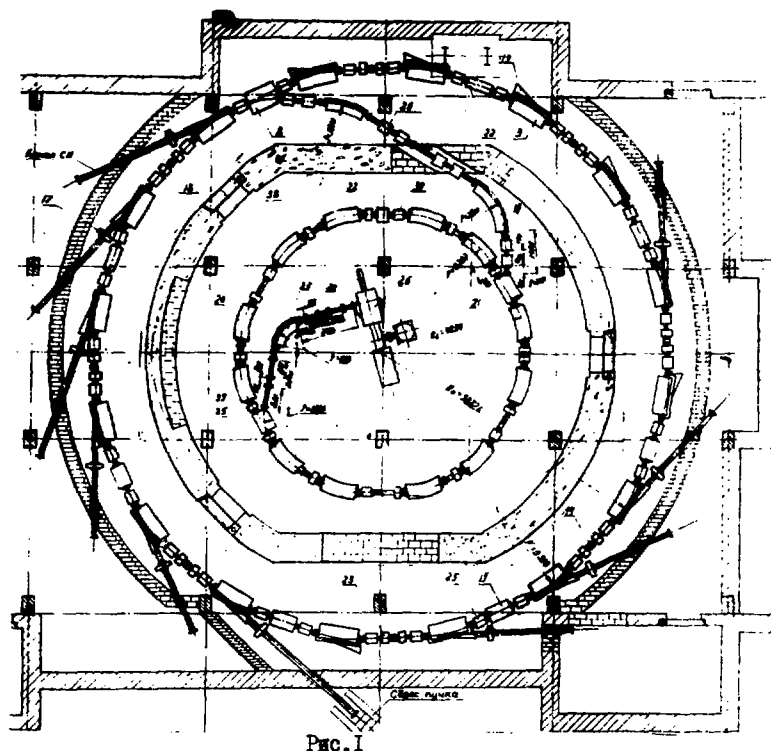
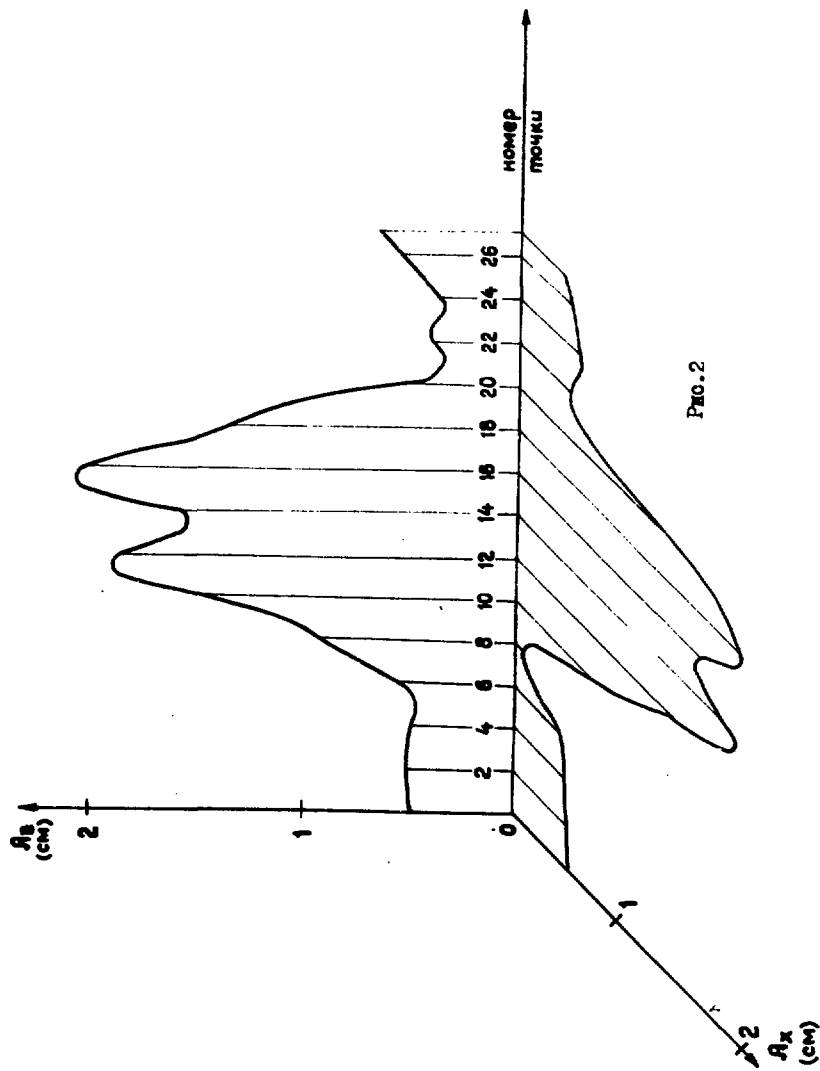


Рис. 1

Схематическое расположение оборудования ускорительно-накопительного комплекса. Элементы КТ, характеристики которых оптимизировались, обозначены цифрами 19, 23, 24, 25



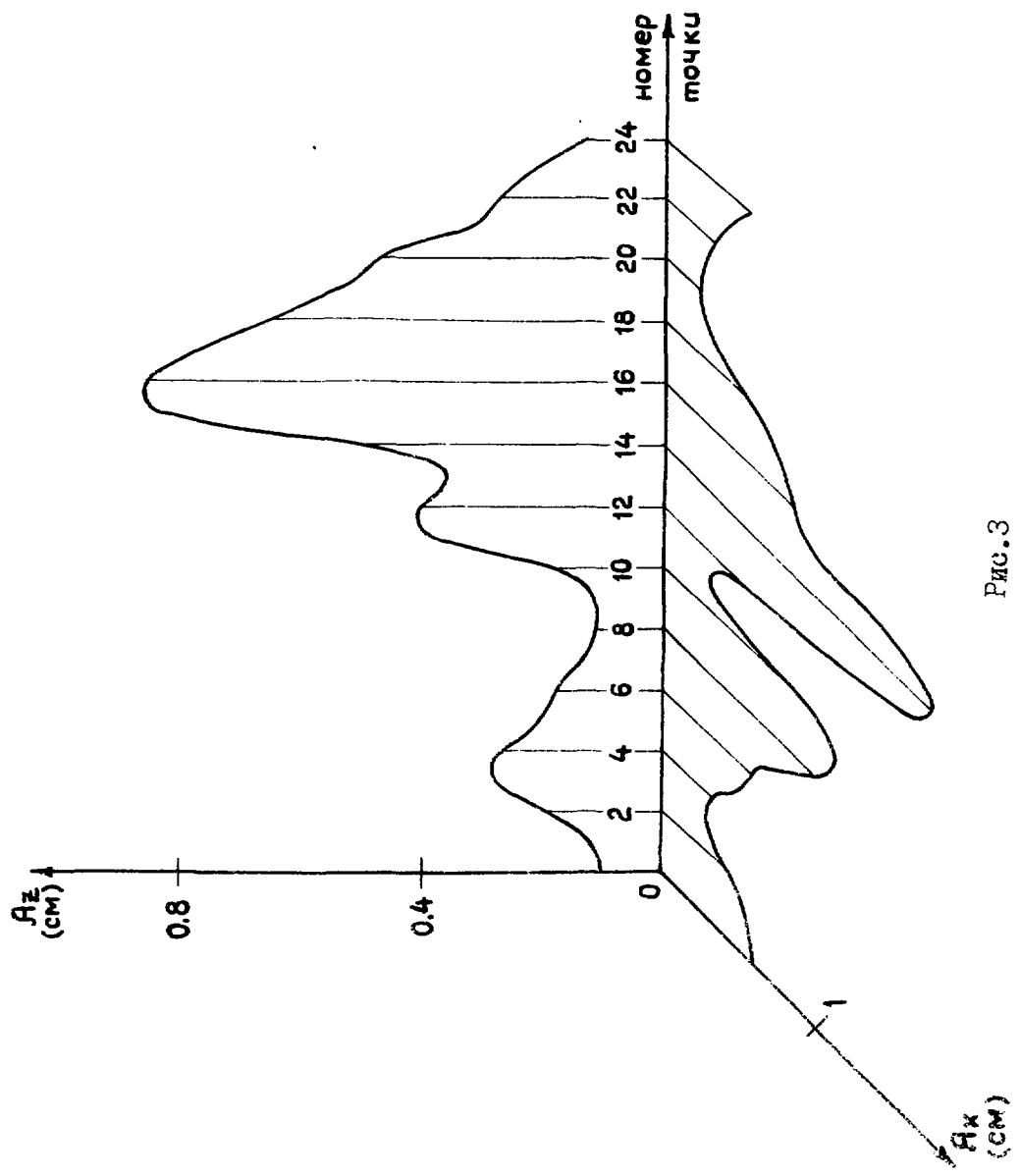


Рис. 3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brown K.L. et al. TRANSPORT - A Computer Program for Designing Charged Particle Beam Transport System, SLAC Report, 1974 N^o p. 91.
2. Абросимов Н.К. и др. Оптимизация трактов пучков методом Монте-Карло. Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям. Дубна, 1979, т. II, с. 175.
3. Воробьев А.Г. Препринт ОИЯИ, 9-80-589, Дубна, 1980.
4. Василишин Б.В., Волков В.И., Куликов И.И. Интерактивная система расчета каналов транспортировки пучков заряженных частиц на базе ЭВМ ЕС-1010 и дисплейной станции ГД -71. Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям. Дубна, 1981, т. II, с. 294.
5. Ливингуд Дж. Принципы работы циклических ускорителей. Иностранная литература. М.: 1963.
6. Sands M. The Physics of Electron Storage Rings, SLAC-121, November, 1970.
7. Штеффен К. Оптика пучков высоких энергий. М.: Мир, 1969.
8. Брук Г. Циклические ускорители заряженных частиц. М.: Атомиздат, 1970.
9. Котов В.И., Миллер В.В. Фокусировка и разделение по массам частиц высоких энергий. М.: Атомиздат, 1969.
10. Березян Н.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. М.: Наука, 1966.

Рукопись поступила 7 апреля 1987 г.

The address for requests:
Information Department
Yerevan Physics Institute
Markaryan St., 2
Yerevan, 375036
Armenia, USSR

В.Л.АКОПЯН, И.П.КАРАБЕКОВ, В.А.ПРЕЙЗЕНДОРФ

КАНАЛЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПУЧКОВ ЭЛЕКТРОНОВ В УСКОРИТЕЛЬНО-НАКО-
ПИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ЕРСИНЭ-1.5

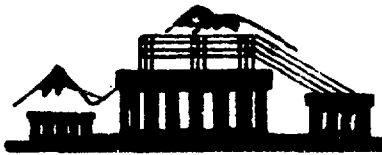
Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

Подписано в печать II/VI-87г. ВЭ-02882 Формат 60x64/16
Офсетная печать. Уч.изд.л. 1,0 Тираж 299 экз. Ц.15 р.
Зак. тип. № 364 Индекс 3624

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, Маркаряна 2

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ