

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

B751

P9-87-671

С.Б.Ворожцов, М.Б.Калинкина, В.А.Саенко

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ РАСЧЕТА ЦИКЛОТРОННОГО МАГНИТА
НА БАЗЕ ПЭВМ "ПРАВЕЦ-16"**

1987

В настоящее время в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ разрабатывается система программ "Циклотрон", предназначенная для моделирования ускорителей циклотронного типа. Эта система включает в себя четыре набора программ (рис. 1): по расчету магнитной системы (MAGNET), ускоряющего ВЧ-поля (RF), динамики пучка в этих полях (BEAM)^{1/}, а также по управлению режимами счета и представлению данных в текстовой или графической форме (PERCYC).

В работе описывается комплекс аппаратных и программных средств PERCYC применительно к задаче синтеза магнитной структуры изохронного циклотрона (блок MAGNET на рис. 1). Создание автоматизированной системы PERCYC на этом этапе преследует следующие цели: облегчить и ускорить выбор параметров магнита в процессе проектирования и их коррекцию в ходе экспериментальных исследований, обеспечить стандартные протоколы обмена информацией между комплексами расчетных и управляющих программ.

Блок MAGNET включает в себя программы для расчета магнитного поля при заданных параметрах магнита^{2-6/}, а также программу, реализующую оптимальный алгоритм для формирования требуемых характеристик циклотронного магнита^{7/}. Целевыми функциями здесь являются:

- B_{\max} — аксиальная компонента поля по осевой линии $\theta_c(R, \lambda)$;
- $(B_{\max})'_R$ — радиальный градиент осевого поля;
- \bar{B} — азимутально-среднее поле;
- F — флаттер;
- f — частота обращения частиц;
- Q_z — частота аксиальных свободных колебаний частиц.

При оптимизации варьируются следующие параметры:

- h_1, h_2 — аксиальные размеры магнита;
- R_H, R_K — радиальные размеры полюса;
- $2a$ — угловой размер полюса;
- λ — параметр крутизны спирали осевой линии полюса;
- J_w — ампервитки основной обмотки;

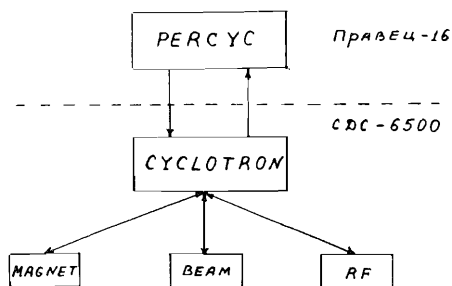


Рис. 1. Структурная схема системы программ "Циклотрон".

h_{1c}, h_{2c} — аксиальные размеры обмотки;
 $M_{эф}$ — эффективная намагниченность полюса.

Анализ геометрии магнита, характеристики поля и динамика пучка в процессе оптимизации проводятся с помощью системы PERCYS. Эта система разработана на базе ПЭВМ "Правец-16" (аналог IBM-PC), которая подключена через локальную сеть JINET/8/ к центральным ЭВМ ОИЯИ: ЕС-1060/61, CDC-6500, БЭСМ-6 (рис. 2). Через стандартные интерфейсы "CENTRONIX" и "RS-232-C" к "Правец-16" подключены графическая печать DCD-PRT-80 и графопостроитель FP 5301. Такая конфигурация позволяет распараллелить и автоматизировать процесс подготовки данных, запуск и управление удаленными программами, получение результатов и их анализ в графической форме.

Структурная схема программного обеспечения PERCYS представлена на рис. 3. Система работает с тремя видами данных, которые в виде файлов находятся на дисковом устройстве памяти:

1. файлы исходных данных;
2. файлы результатов счета;
3. файлы, содержащие графические изображения (дисплейные).

Такой способ хранения всей необходимой информации позволяет гибко манипулировать данными: редактировать, выводить их на различные внешние устройства (печать, графопостроитель), передавать по сети JINET.

Цикл обмена информацией между "Правец-16" и центральной ЭВМ выглядит следующим образом:

Начальная геометрия магнита формируется в INPUT-файле. Проводится графический анализ этой информации (строятся проекции магнита, его пространственное изображение). По сети JINET файл с помощью стандартных средств связи — программ PROCOMM или KERMIT — передается в центральную ЭВМ, где проводится расчет оптимальной геометрии магнита по программе оптимизации и формирует-

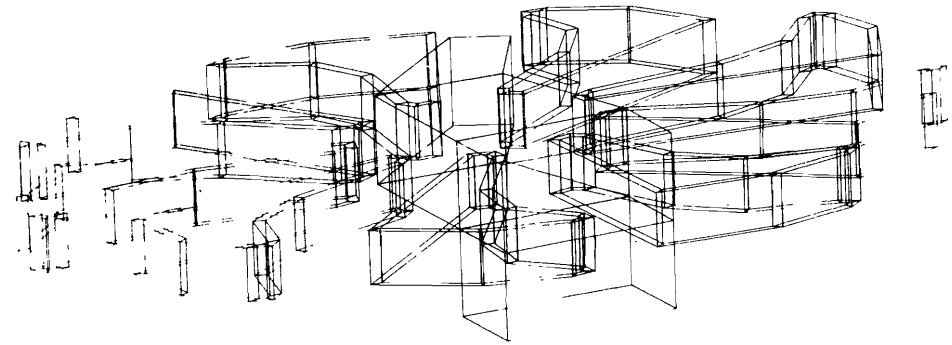


Рис. 4. Общий вид циклотрона спирально-секторной структуры.

ся OUTPUT-файл с результатами счета. Затем по сети JINET он передается на "Правец-16". В дальнейшем обработка этого файла ведется в несколько этапов. На первом этапе при помощи программы COMPRESS OUTPUT-файл сжимается, т.е. из него удаляются пустые строки, лишние пробелы, так что остаются только ключевые слова и соответствующая им числовая информация. Последующая обработка ведется по трем программам: MAGDIS, IZOM^{6/}, CREAD, использующим графические пакеты GRAFOR^{9/} и GRAPHIX.

Первые две из них служат для трехмерного представления конфигурации магнита и токовой обмотки. При помощи MAGDIS строится изображение без удаления невидимых линий. На рис. 4 дана расчетная пространственная геометрия циклотрона спирально-секторной структуры, полученная в результате работы этой программы. На рис. 5 показан один секторный магнит с обмоткой возбуждения в заданной проекции, выполненный по программе IZOM, при помощи которой строятся только видимые части объекта.

Программа CREAD позволяет анализировать:

- 1) радиальную геометрию магнита;
- 2) радиальное распределение магнитного поля;
- 3) азимутальную геометрию магнита;
- 4) азимутальное распределение поля;
- 5) процентное отклонение фитуруемых целевых функций от заданных значений;
- 6) значения фитуруемых целе-

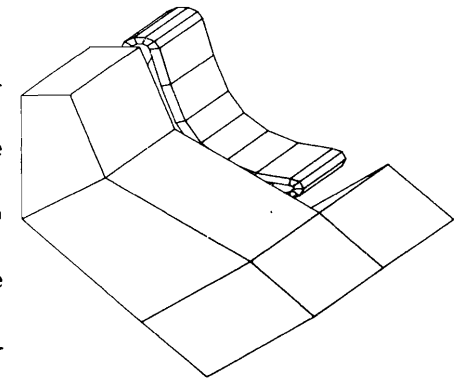


Рис. 5. Спирально-секторный магнит с обмоткой возбуждения.

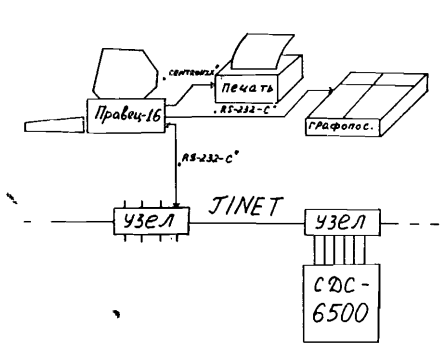


Рис. 2. Схема оборудования системы программ "Циклотрон".

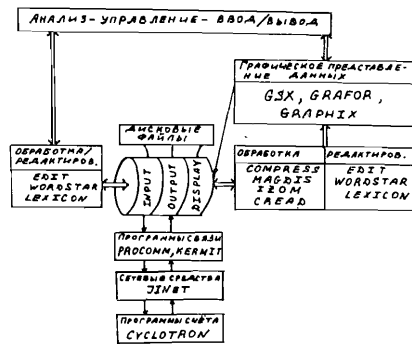


Рис. 3. Структурная схема программного обеспечения PERCYS.

вых функций на различных итерациях, полученные в процессе оптимизации;

7) реакцию системы на изменение параметров оптимизации;

8) профиль полюсного наконечника магнита.

Это "меню" выводится на экран дисплея. По выбору пользователя в интерактивном режиме производится просмотр OUTPUT-файла, находятся требуемые куски информации и выводятся в виде графиков на экран дисплея или фиксируются на цветном графопостроителе. Для удобства анализа различные графики могут масштабироваться, накладываться друг на друга, либо изображаться в соседних "окнах" экрана. При необходимости они могут сохраняться в виде "дисплей-файлов".

В качестве примера на рис. 6 показано радиальное сечение некоторого расчетного магнита спирально-секторной структуры, полюс которого состоит из семи прямоугольных шимм. Эта конфигурация использовалась в качестве исходных данных для программы оптимизации. Кроме того, считалось, что состояние магнитопровода близко к насыщению ($M_0 = 2,1$ Тл). В качестве целевых функций задавались частота обращения частиц $f \equiv 6,175$ МГц и частота аксиальных колебаний $Q_Z \equiv 1,35$ в диапазоне радиусов $R = 2,6 \div 6,2$ м. Одновременное

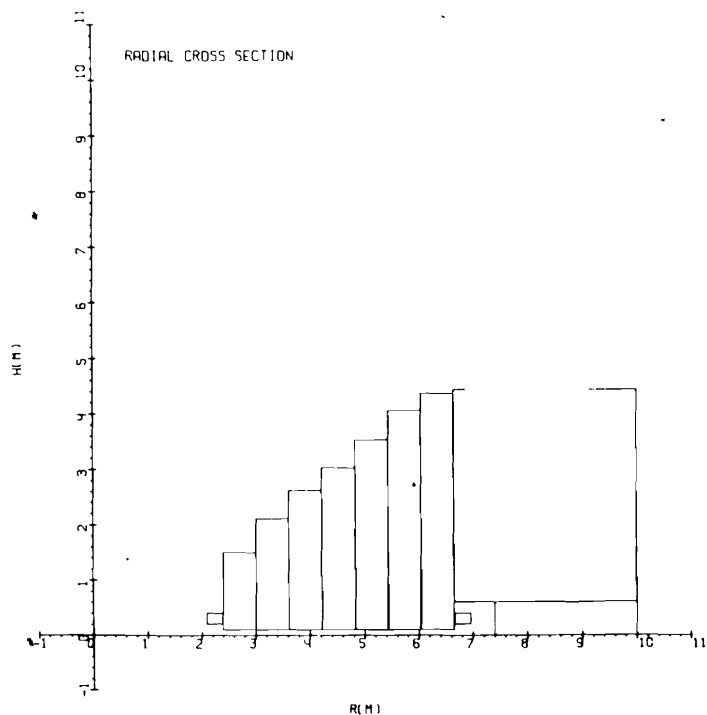


Рис. 6. Радиальное сечение магнита.

формирование этих целевых функций проводилось сначала с использованием восьми параметров: профиля воздушного зазора $h_1(R)$ при семи степенях свободы (высота шимм меняется независимо друг от друга) и эффективной намагниченности $M_{\phi} = M + M_{JW}$, где M_{JW} определялась на основании эквивалентной замены поля токовых обмоток с уровнем возбуждения JW полем соответствующего намагниченного объема.

На рис. 7 приведен профиль полюсного наконечника в процессе трех итераций, а на рис. 8 представлены два графика, на которых изображены по восемь кривых. Каждая из этих кривых представляет собой значения целевой функции (f либо Q_Z) в зависимости от изменения соответствующего параметра оптимизации. В дальнейшем к этим параметрам были добавлены угловой размер полюсного наконечника $\alpha = A + B \cdot R + CR^2$ и крутизна спирали $\lambda = \varphi(R, L_1, L_2)$ с двумя степенями свободы L_1 и L_2 . В этих условиях для оптимальной с точки зрения минимума изменения параметров конфигурации при $M_{\phi} = 1,84 M_0$ точность формирования Q_Z соответствует требуемой ($1 < Q_Z < 1,5$), а точность формирования f согласована с погрешностью расчета при $M = \text{const}$.

Таким образом, применение системы PERCYS позволяет в интерактивном режиме работы определить геометрию полюсного наконечника спирально-секторной циклотронной магнитной системы и необхо-

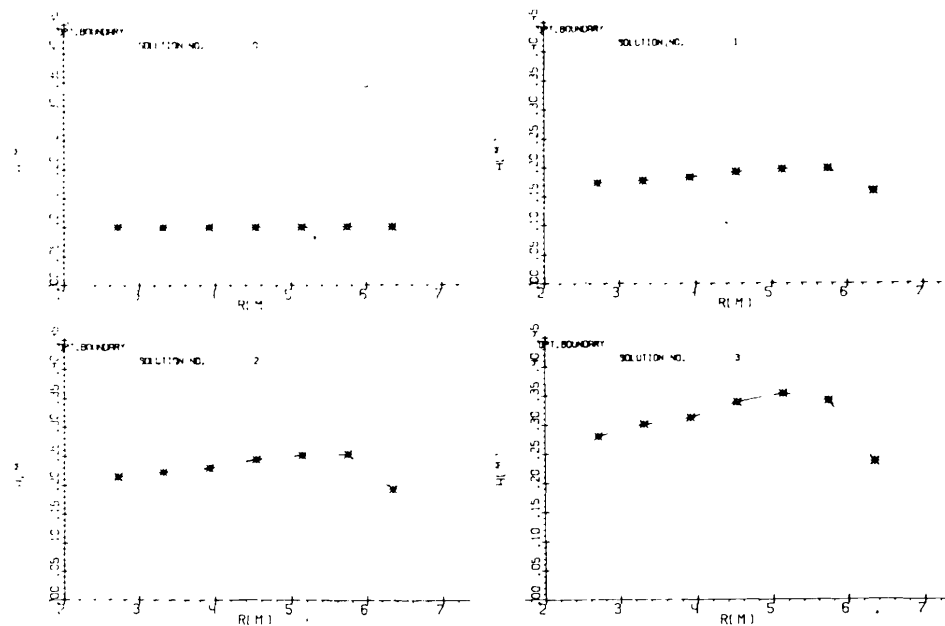


Рис. 7. Профиль полюсного наконечника в процессе оптимизации.

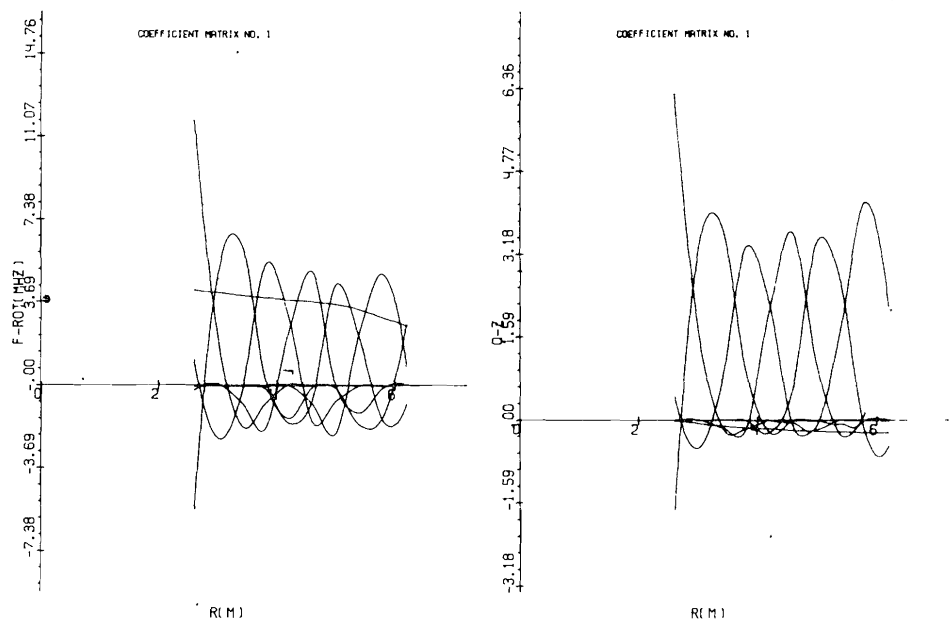


Рис. 8. Реакция системы на изменение параметров оптимизации.

димые ампервитки обмотки возбуждения для формирования заданных динамических характеристик пучка f и Q_z .

Разработанная система PERCYC имеет модульную структуру, легко расширяется, что позволит в будущем использовать ее для анализа динамики пучка циклотронных установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Keil E. CERN/LEP-TH/86-26.
2. Iselin F.C. T-604. CERN Computer Center Program Library, 1984.
3. Iselin F.C. T-600, *ibid*.
4. Armstrong A.G. et al. RL-76-029/A.
5. Ворожцов С.Б. ОИЯИ, P9-83-90, Дубна, 1980.
6. Борисовская З.В. и др. ОИЯИ, Б1-9-85-232, Дубна, 1985.
7. Halbach K.A. Proc. Int. Conf. on Magn. Techn., Oxford, 1967, p.47.
8. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, Д11-86-702, Дубна, 1986.
9. Баяковский Ю.М. и др. Графор: комплекс графических программ на фортране. Москва, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 сентября 1987 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программирования и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
D3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986. Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	4 р.50 к. 13 р.50 к.
D1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
D9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
D7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986	7 р.10 к.
D2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986	4 р.45 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Ворожцов С.Б., Калинкина М.Б., Саенко В.А.
Автоматизированная система для расчета
циклотронного магнита на базе ПЭВМ "Правец-16"

P9-87-671

Рассматривается автоматизированная система подготовки данных и анализа результатов, предназначенная для решения задачи синтеза магнитной системы изохронного циклотрона. Система построена на базе персональной ЭВМ "Правец-16" (аналог IBM-PC/XT), подключенной через локальную сеть JINET к центральным ЭВМ ОИЯИ (ЕС-1060/61, CDC-6500, БЭСМ-6). Применение данной системы позволило в интерактивном режиме работы определить необходимые ампервитки обмотки возбуждения и профиль воздушного зазора между полюсами спирально-секторной циклотронной магнитной системы для формирования заданных среднего магнитного поля и флаттера.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Votozhtsov S.B., Kalinkina M.B., Saenko V.A.
Automated System for Designing a Cyclotron Magnet
Using the "PRAVETS-16" Personal Computer

P9-87-671

An automated system of input data preparation and analysis of the results is described. It is intended for solving the synthesis problem of isochronous cyclotron magnetic system. The system has been developed on the basis of "PRAVETS-16" personal computer (analogue of IBM-PC/XT) connected to JINR host computers (ЕС-1060/61, CDC-6500, BESM-6) through the JINET local net. Using of this system in interactive mode allowed one to find Ampere-turns of main winding and the air gap profile between poles of the spiral sector cyclotron magnet for formation of a desirable mean magnetic field and flutter.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987