

СЗУ5а1

A-465

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

15/1-79

162/2-79

10 - 11842

В.С.Александров, А.А.Карлов, А.Д.Полынцев

ПРИМЕНЕНИЕ

УДАЛЕННОЙ ДИСПЛЕЙНОЙ СТАНЦИИ

ДЛЯ РАСЧЕТА МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ АДГЕЗАТОРА

**1978**

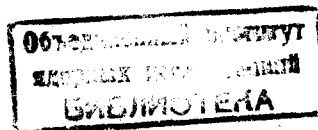
10 - 11842

В.С.Александров, А.А.Карлов, А.Д.Полынецв

**ПРИМЕНЕНИЕ**

**УДАЛЕННОЙ ДИСПЛЕЙНОЙ СТАНЦИИ**

**ДЛЯ РАСЧЕТА МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ АДГЕЗАТОРА**



Применение дисплейной станции для расчета магнитной системы адгезатора

Приводятся описание возможностей дисплейной программы расчета магнитной системы адгезатора коллективного ускорителя ОИЯИ. Решение задачи связано с поиском такого варианта начальных условий, при которых обеспечивается устойчивое сжатие электронного кольца. Применение средств интерактивной машинной графики дает значительные преимущества по сравнению с обычными способами решения поставленной задачи и позволяет более эффективно и гибко использовать ЭВМ. Дисплейная программа предоставляет пользователю эффективные средства для качественного исследования физических процессов сжатия электронного кольца в режиме диалога человека с ЭВМ. Созданная программа может также применяться для выполнения аналогичных расчетов магнитной системы адгезатора при изменении формы камеры и параметров электронного кольца.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

The Application of a Display Station for Calculating the Magnetic System of an Adhesator

The capabilities of a display program for calculating the magnetic system of adhesator of JINR collective accelerator are described. Solving of this problem is concerned with determining such a variant of initial conditions under which a stable compression of electron ring is provided. The application of interactive graphics facilities gives considerable advantages in comparison to ordinary ways of solving the problem and permits to use a computer in a more flexible way. The display program offers for the user effective facilities for quantitative studies of physical processes of electron ring compression in a man-computer dialogue mode. The designed program may also be used for similar calculations of magnetic system of an adhesator when varying the forms of a chamber and parameters of electron ring.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

I. Введение

Для расчета магнитной системы адгезатора коллективного ускорителя ОИЯИ была создана программа моделирования процесса сжатия электронных колец в тонкостенных металлических камерах<sup>/1,2/</sup>. Формирование электронных колец осуществляется в поле магнитной системы, состоящей из пары катушек с постоянным током (нулевая ступень) и трех пар катушек с импульсными токами (три ступени сжатия). Для успешного решения задачи требуется найти такие значения параметров магнитной системы адгезатора, которые обеспечивают фокусировку и сжатие кольца. Решение подобных задач в пакетном режиме работы на ЭВМ приводит к необходимости многократных расчетов с различными вариантами начальных условий, и, как показывает опыт, процесс поиска приемлемого решения в этом случае требует больших затрат времени человека и ЭВМ. Применение диалоговых графических средств анализа в значительной степени облегчает решение такого рода задач и позволяет более эффективно и гибко использовать ЭВМ.

В настоящее время в ОИЯИ создана диалоговая дисплейная программа для расчета магнитной системы адгезатора, в основу которой были положены доступные программы расчета в режиме пакетной обработки<sup>/1/</sup>. Дисплейная программа предназначена для использования ЭВМ БЭСМ-6 совместно с удаленной дисплейной станцией на базе ЭВМ М-6000<sup>/3/</sup>.

2. Функциональные возможности дисплейной программы

Программа предоставляет пользователю следующие основные возможности:

I. Общее управление программой и выполнение вспомогательных функций.

2. Представление на экране и редактирование начальных параметров и управляющих переменных, задающих режим работы программы.
3. Управление выполнением расчетной части программы (временное прекращение, возобновление расчета).
4. Представление и анализ конечных результатов расчета в виде графиков функций и таблиц значений на экране дисплея.

### 2.1. Назначение диалоговых команд

Диалоговые возможности программы реализуются посредством набора команд, вводимых с клавиатуры дисплея. В целях удобства допускается ввод некоторых команд с сокращением до 1-3 символов. Так как суммарное число всех допустимых команд достаточно велико (более 30), то в программе предусмотрена возможность представления на экране допустимого в данный момент набора команд. В соответствии с перечисленными выше возможностями программы существует четыре группы команд.

#### Общее управление

Команды этой группы позволяют осуществлять вызов отдельных подпрограмм из тела основной программы. К основным командам этой группы относятся:

- RUN - выполнение расчета с заданными начальными условиями;
- DISF - вызов подпрограммы анализа результатов счета;
- FIXS - вызов подпрограммы установки первоначальных значений фиксированных параметров магнитной системы;
- BEAM - вызов подпрограммы установки первоначальных значений параметров пучка;
- TABL - вывод результатов счета в виде таблицы чисел;
- EDIT - вызов подпрограммы, формирующей изображение таблицы параметров, для последующего редактирования;
- PRINT - печать результатов счета на АППУ;
- STOP - конец работы с программой.

#### Редактирование таблицы параметров

Начальные условия задаются в таблице параметров, которая при необходимости изображается на экране дисплея и может редактироваться с клавиатуры как перед началом расчета, так и в процессе

вычислений. Редактируемая таблица содержит параметры инжектируемого пучка, геометрические и электрические параметры магнитной системы адгезатора коллективного ускорителя и ряд вспомогательных переменных, предназначенных для управления программой. Вид таблицы параметров показан на рис.1.

Для редактирования параметра, содержащегося в таблице, необходимо ввести с клавиатуры идентификатор этого параметра и его новое значение.

После выбора начальных условий (возможно повторного) осуществляется переход к расчетной части программы.

#### Управление расчетом

При желании пользователь может анализировать промежуточные результаты в процессе счета. В этом случае вывод результатов в графической форме происходит всякий раз после выполнения заданного числа шагов сжатия. Таким образом, пользователь может наблюдать развитие процесса сжатия во времени (см.рис.2,3). Режим просмотра промежуточных результатов счета определяется параметром, который содержится в редактируемой таблице (MOD-параметр). Число шагов сжатия, после выполнения которого должен происходить графический вывод промежуточных результатов счета, также запоминается в таблице (NSD-параметр).

Если пользователь, наблюдающий эволюцию процесса сжатия, определяет в какой-то момент времени, что начальные условия следует переопределить (например, потому, что кольцо начинает разжиматься), то выполнение счетной части программы можно приостановить и, таким образом, избежать потери времени на бесполезный счет. Пользователь может задать новые начальные условия, и выполнение счета можно возобновить, начиная с некоторой ступени сжатия. Возможность динамического просмотра промежуточных результатов вычислений позволяет выполнять "настройку" ступеней сжатия в процессе самого счета.

Во время выполнения расчетной части программы пользователь имеет возможность наблюдать эволюцию процесса сжатия (на экране изображается график  $n$ -траектории пучка), и вмешаться в процесс вычислений посредством ввода команд с клавиатуры. Команды имеют следующий смысл:

ER - отредактировать таблицу параметров и выполнить счет с начала (выполнить расчет с новыми начальными условиями);

$\left\{ \begin{array}{l} E1 \\ E2 \\ E3 \end{array} \right\}$  - отредактировать таблицу параметров и продолжить выполнение счета, начиная с 1, 2 или 3-ей ступени сжатия;

R - повторить счет сначала без изменений;

C - продолжить счет, не меняя начальных условий;

$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \right\}$  - продолжить выполнение счета, начиная с 1, 2 или 3-ей ступени сжатия без изменения начальных условий.

### Анализ результатов

После окончания расчета магнитной системы адгезатора пользователь имеет возможность анализа полученных физических результатов (см. рис. 4-8). В эту группу входят следующие команды для графического представления полученных результатов счета:

BZ - индукция магнитного поля на равновесных радиусах;

N - значения показателя спада магнитного поля на равновесных радиусах;

DRT - производная от равновесного радиуса по времени (скорость сжатия);

DNR - производная от показателя спада по радиусу;

ARZ - значения размеров поперечного сечения электронного кольца;

RG - радиус электронного кольца и относительная энергия азимутального движения;

VRZ - частоты бетатронных колебаний;

CUR - импульсные токи в катушках адгезатора;

MAIN- n-траектория в коридоре допустимых значений.

Предлагаются также две дополнительные команды:

COPY- позволяет получить "твердую копию" указанного графика функций на АЦПУ БЭСМ-6;

LIST- изображает список команд, доступных пользователю на экране дисплея.

Графики функций одной переменной (один или несколько) изображаются на экране посредством стандартной подпрограммы анализа функций, которая входит в состав математического обеспечения удаленной дисплейной станции на БЭСМ-6<sup>4/</sup>. Для анализа исследуемой

функции пользователю предоставляются следующие основные возможности:

а) определять размеры прямоугольной области экрана значениями координат для последующего представления графика функции (задается "окно");

б) изображать выбранный фрагмент функции в заданной области экрана (т.е. различные части функции можно смотреть в увеличенном масштабе);

в) определять способ построения графиков функций (сплошной или точечной линией, либо заданным символом в узловых точках функции);

г) выполнять наложение различных графиков в одной системе координат;

д) изображать одновременно несколько графиков функций, каждый из которых имеет свое "окно";

е) выбирать режим "точного" или "грубого" построения функции (при точном построении изображаются все узловые точки функции, в случае грубого построения учитывается каждая  $i$ -ая точка ( $i=2,3,\dots$ ), остальные не изображаются).

Кроме того, подпрограмма анализа функций предоставляет дополнительные возможности, связанные с определением различных режимов (например, необходимость изображения координатных осей, экстремальных значений функции и аргумента и т.п.).

Если пользователь не указывает способ представления графика на экране дисплея, то по умолчанию предполагается, что функция изображается сплошной линией вместе с размеченными осями координат и указанными значениями экстремумов в "окне" максимально допустимого размера.

Остановимся на назначении некоторых команд:

WINDOW, XMIN, XMAX, YMIN, YMAX - задает границы "окна" для последующего изображения;

TYPE, ARG - определяет тип линий для изображения функции;

AXIS - задает режим построения графика с помеченными координатными осями;

NOAXIS - отменяет действие команды AXIS;

SCALE - задает режим автоматического масштабирования координат аргумента и функции;

- NOSCALE - отменяет действие команды SCALE;
- VALUE - указывает на необходимость изображения значений экстремумов аргумента и функции на графике;
- NOVALUE - отменяет действие команды VALUE;
- RANGE, N1, N2 - задает границы фрагмента функции;
- DISPLAY - изображает график функции на экране дисплея;
- LIST - осуществляет вывод списка доступных команд с краткими пояснениями.

## 2.2. Дополнительные возможности

Во время работы с программой пользователю также предоставляются стандартные возможности локального математического обеспечения дисплейной станции<sup>/5/</sup>. В частности, посредством локальных макрокоманд, вводимых с клавиатуры, можно копировать графическое изображение с экрана дисплея на дисплей с запоминающей трубкой, который дает более качественное изображение. Графическое изображение можно записывать на магнитную ленту ЭВМ М-6000 для последующего, более детального анализа, а также для создания архива графических результатов.

## 3. Практическая реализация

Расчетная часть программы с учетом рабочих массивов и результатов вычислений составляет примерно 28К слов памяти ЭВМ БЭСМ-6. Все используемые дисплейные программы занимают около 15К слов. Так как суммарная длина программы превышает размеры максимально допустимой для загрузки в память БЭСМ-6, то используется механизм динамической подкачки.

## 4. Заключение

Возможности созданной программы предоставляют пользователю-физику хорошие средства для эффективного решения поставленной задачи в режиме диалога. Практический опыт показывает, что научиться работать с программой можно после 2-3 сеансов работы. Возможно также применение программы для выполнения аналогичных расчетов магнитной системы адгезатора при изменении формы камеры и параметров электронного пучка.

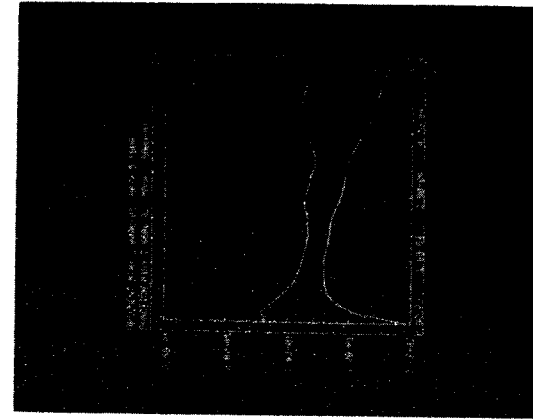


Рис.2. График n-траектории пучка в координате допустимых значений в начальной фазе процесса сжатия (до момента времени  $T=5,5 \cdot 10^{-4}$  с).

Параметр	Значение	Единица
1. RADIUS	1.00000	CM
2. LENGTH	1.00000	CM
3. MASS	1.00000	MG
4. VELOCITY	1.00000	CM/SEC
5. TEMPERATURE	1.00000	DEG C
6. PRESSURE	1.00000	ATM
7. DENSITY	1.00000	GM/CM3
8. VISCOSITY	1.00000	POISE
9. SURFACE TENSION	1.00000	DYNE/CM
10. ELECTRIC FIELD	1.00000	KV/CM
11. MAGNETIC FIELD	1.00000	KG/GM
12. GRAVITATIONAL FIELD	1.00000	G
13. INITIAL POSITION	1.00000	CM
14. INITIAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
15. INITIAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
16. INITIAL ANGULAR VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
17. INITIAL ANGULAR ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
18. INITIAL ROTATION	1.00000	DEG
19. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
20. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
21. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
22. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
23. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
24. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
25. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
26. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
27. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
28. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
29. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
30. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
31. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
32. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
33. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
34. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
35. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
36. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
37. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
38. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
39. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
40. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
41. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
42. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
43. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
44. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
45. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
46. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
47. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
48. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
49. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
50. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
51. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
52. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
53. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
54. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
55. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
56. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
57. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
58. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
59. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
60. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
61. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
62. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
63. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
64. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
65. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
66. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
67. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
68. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
69. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
70. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
71. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
72. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
73. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
74. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
75. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
76. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
77. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
78. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
79. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
80. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
81. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
82. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
83. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
84. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
85. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
86. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
87. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
88. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
89. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
90. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
91. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
92. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
93. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
94. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
95. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
96. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2
97. INITIAL TRANSLATIONAL VELOCITY	1.00000	CM/SEC
98. INITIAL TRANSLATIONAL ACCELERATION	1.00000	CM/SEC2
99. INITIAL ROTATIONAL VELOCITY	1.00000	DEG/SEC
100. INITIAL ROTATIONAL ACCELERATION	1.00000	DEG/SEC2

Рис.1. Таблица редактируемых параметров, отображаемая на экране дисплея.

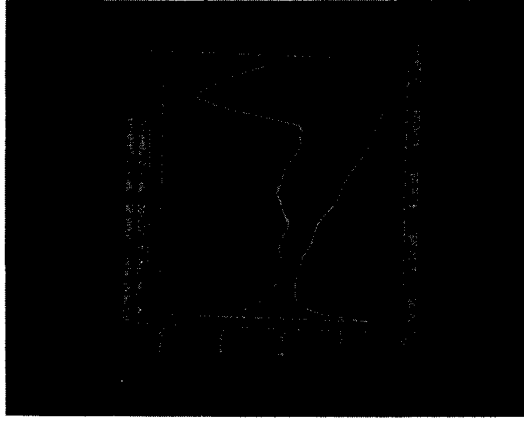


Рис.3. График  $p$ -траектории в коридоре доступных значений (дальнейшее развитие процесса сжатия, начало которого показано на рис.2).



Рис.4. Радиус электронного кольца и носительная энергия азимутального движения как функции времени.

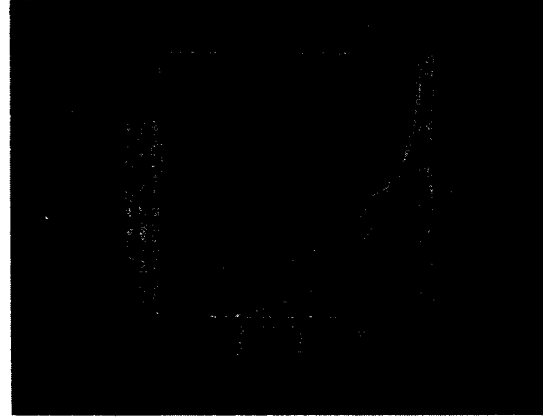


Рис.5. Поведение размеров поперечного сечения электронного кольца при сжатии.

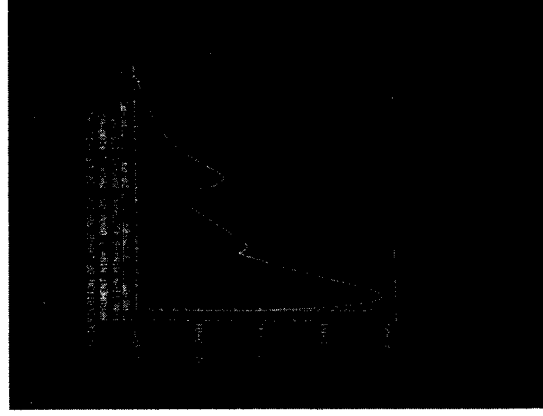


Рис.6. График скорости сжатия.

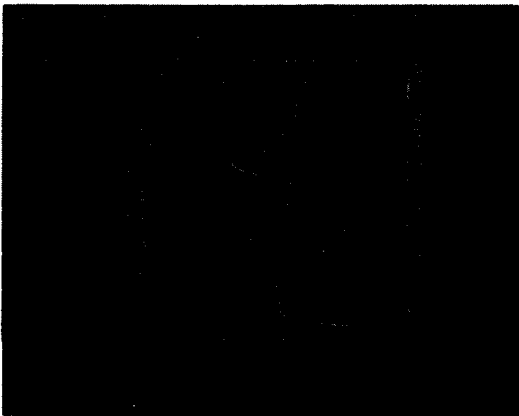


Рис.7. Пример  $n$ -траектории, полученной в результате расчета с неудачно выбранными начальными условиями (  $n$ -траектория выходит за нижнюю границу коридора допустимых значений).

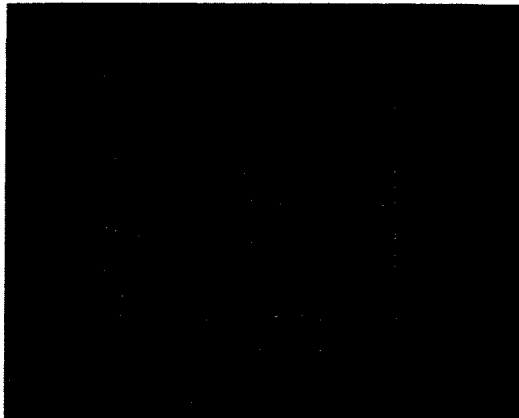


Рис.8. Пример  $n$ -траектории, полученной в результате расчета с приемлемым вариантом начальных условий.

### Литература

1. Александров В.С. и др. В кн.: "Всесоюзное совещание по программированию и математическим методам решения физических задач". ОИЯИ, ДЮ, II-II264, Дубна, 1978, с.317.
2. Александров В.С. и др. ОИЯИ, Р9-9091, Р9-9215, Дубна, 1975.
3. Кавченко А.В. и др. ОИЯИ, РЮ-9325, Дубна, 1975.
4. Заикин Н.С. и др. ОИЯИ, РЮ-9326, Дубна, 1975.
5. Полынцев А.Д. ОИЯИ, Б1-Ю-II272, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 августа 1978 года.