



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

4394/83

22/883

11-83-372

Х.-И.Ентшел

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ
В ДИАЛОГОВОМ РЕЖИМЕ

1983

1. ВВЕДЕНИЕ

Для современных машинных методов решения задач нелинейной оптимизации характерны визуальное представление функций и интерактивный диалог человек-ЭВМ. Эти средства дают на практике хорошую возможность эффективного решения поставленных задач. Целью интерактивного вмешательства в процесс решения является введение опыта и интеллекта пользователя непосредственно в процесс оптимизации на разных его этапах.

Для надежной организации диалога необходимо четко установить следующие аспекты:

а/ Определение количества информации, выдаваемой пользователю.

б/ Выбор подходящей формы представления графической информации.

в/ Упрощение высоконелинейной, в общем, задачи оптимизации.

г/ Выбор критерия управления процессом оптимизации.

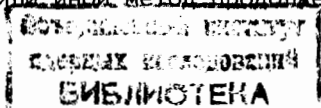
В прошлом некоторые усилия были направлены на то, чтобы упростить решение проблемы. В ^{1/} представлен интересный подход на основе линейного программирования для устранения нелинейности. В ^{2/} привлекательный интерактивный эвристический путь прилагается для определения параметров, преобладающих в оптимизации. Эта работа направлена на применение различных аспектов диалога человек-ЭВМ. Она представляет систему программ, полезных для решения задач оптимизации в диалоговом режиме.

2. СУЩНОСТЬ ЗАДАЧИ

2.1. Основные варианты диалоговой работы

Практическая работа может быть организована на основе нескольких принципов, отличающихся друг от друга уровнем диалогового управления процессом оптимизации. Общие понятия об основных методах сведены в таблице. Реально используется комбинация методов.

Варианты А и Б работают с использованием чисто математических методов минимизации. В варианте А пользователь запускает задачу и в диалоговом режиме лишь оценивает результаты оптимизации. Процесс оптимизации проходит без активного участия пользователя. В варианте Б на основе оценки промежуточных результатов пользователь выбирает тот или иной метод продолжения решения



Таблица

Варианты диалога

	Вариант А Управление математической оптимизацией	Вариант В Управление процессом решения	Вариант В Интерактивный режим решения
Принцип	Решение задачи с помощью одного метода оптимизации, пользователь пассивен	Применение различных методов оптимизации, смена методов в зависимости от полученных результатов	Применение простых методов, использование интуиции и опыта человека
Параметры управления	<ul style="list-style-type: none"> - начальная точка параметра x^0 - условия прекращения оптимизации 	<ul style="list-style-type: none"> - начальная точка параметра x^0 - условия прекращения оптимизации - параметры разветвления 	<ul style="list-style-type: none"> - параметр x - условия эффективности - обобщенные критерии сходимости
Проблемы	<ul style="list-style-type: none"> - выбор соответствующего типа задачи методом математической оптимизации - выдача пользователю результатов 	<ul style="list-style-type: none"> - доступность различных методов - оценка эффективности работы использованных методов оптимизации 	<ul style="list-style-type: none"> - определение простых критериев эффективности - оценка доминирующих параметров x

задачи. Здесь должны быть организованы выдача необходимой информации, программирование остановок и доступ к модулям, реализующим выбранный метод.

Вариант В представляет собой режим интерактивной работы. Простые методы оптимизации дополняются в большой степени интуицией пользователя. Основная идея варианта В состоит в том, что пользователь обеспечивается на этапе промежуточного результата достаточной информацией, дающей возможность принять решение о выборе пути улучшения этого результата эффективным использованием простых алгоритмов. Таким образом строгий математический выбор оптимизации заменяется волевым решением пользователя. Этот режим полезен тогда, когда в решаемой проблеме необходимо математическое моделирование или когда применение строгих методов решения неэкономично.

2.2. Основная структура диалоговой системы

Все три вышеописанных варианта в той или иной степени основываются на диалоге человека с ЭВМ. Система программ, реализующих варианты, должна иметь модульную структуру. Из блок-схемы системы /рис.1/ видно, что диалог управляется командами, задаваемыми пользователем. Каждый из пяти программных блоков определяет специальные свойства системы. Активизация блока включает в себя ввод необходимой информации. Все введенные данные отображаются на дисплее. Затем пользователю предоставляется возможность модификации /рис.2/. Система программ под названием

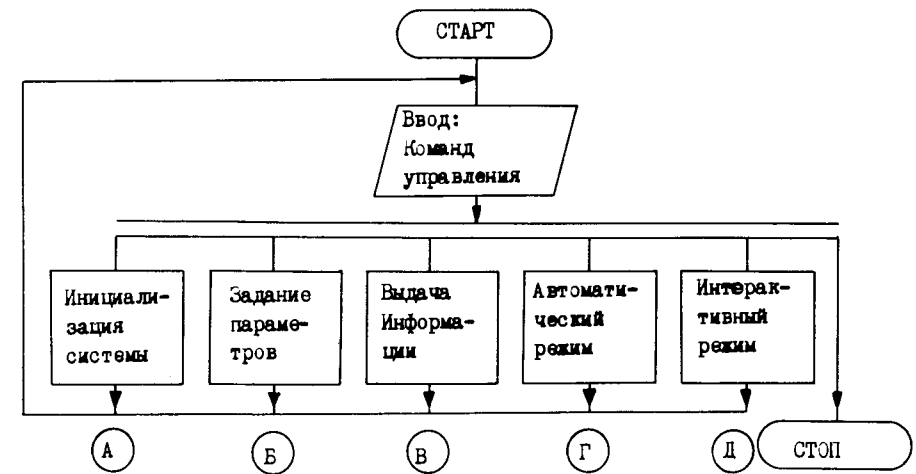


Рис. 1

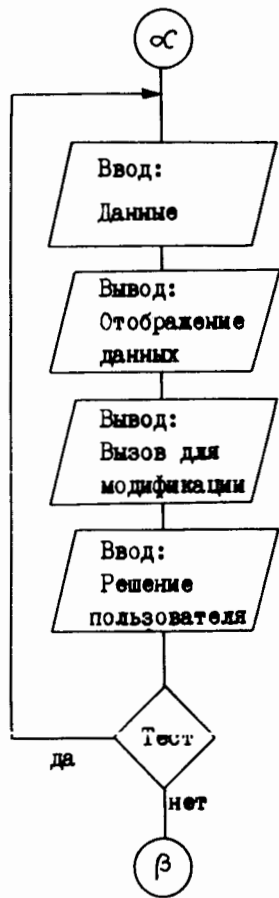


Рис. 2

IAOPT (Interactive Optimization) разработана и введена в эксплуатацию при конфигурации вычислительных средств, показанной на рис.3. В качестве устройств вывода, кроме графического дисплея, используются алфавитно-цифровой дисплей VT-340 и АЦПУ.

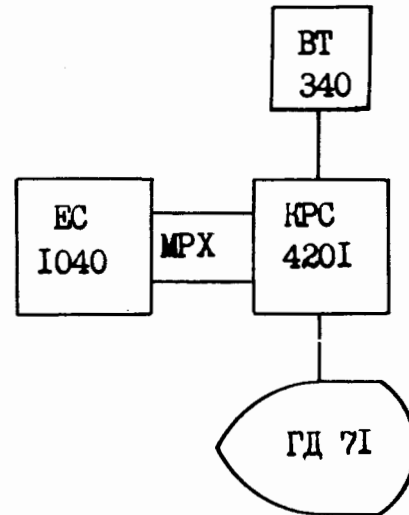


Рис. 3

3. ОПИСАНИЕ ДИАЛоговой СИСТЕМЫ

Представленная диалоговая система программ охватывает только управление процессом оптимизации. Предполагается, что собственно проблема оптимизации была фиксирована на предыдущем шаге задания, где определена целевая функция оптимизации $z(x)$, и подпрограммы для ее оценки и вычисления градиента $\nabla z(x)$.

3.1. Инициализация системы /блок А/

Блок активизируется с помощью команды INIT /рис. 4/. На этом шаге определяется или модифицируется параметр n /порядок задачи/ и начальный вектор переменных x^0 . Для оценки вектора x^0

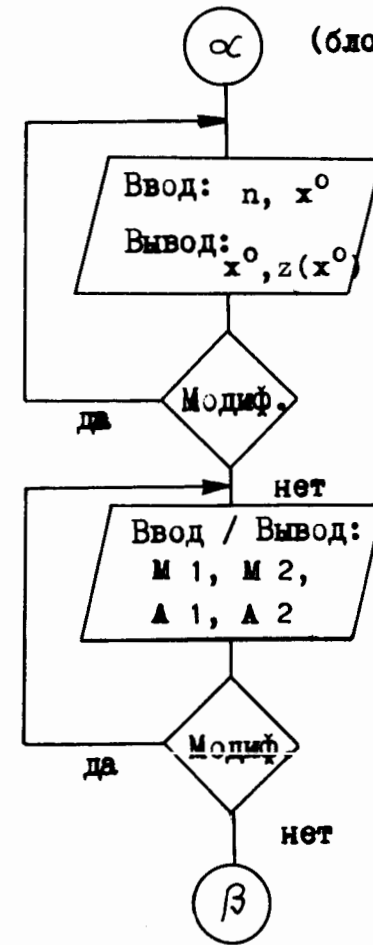


Рис. 4

(блок А)

выдается соответствующее значение целевой функции $z(x^0)$. Кроме того, на шаге инициализации проходит определение условий выполнения. С помощью параметра M1 выбирается конкретный метод оптимизации, с помощью параметра M2 - метод определения длины шага Δx в каждой итерации. Параметр A1 определяет точность вычисления градиента функции $\nabla z(x)$, параметр A2 соответствует требуемой точности при вычислении шага Δx .

3.2. Задание параметров /блок Б/

Этот блок имеет три ветви, которые активизируются командами:

- RUCO: RUN CONDITIONS
- STCO: STOP CONDITIONS
- PRIP: PRINT PARAMETER

В блоке задаются дополнительные параметры для организации выполнения программы /рис.5/.

С помощью параметров прекращения P1...P4 в ветви STCO определяются достаточные условия окончания оптимизации. Этими параметрами являются: максимальное абсолютное число итераций, максимальное число итераций за цикл, максимальное

число вычислений функций $z(x)$ и реальное число проверок схожести процесса оптимизации по отношению к градиентной норме $\|\nabla z(x)\|$. Параметр P5 доставляет альтернативу для допустимых разветвлений программы после выполнения одного из условий P1...P4.

Во время диалога предусмотрена также выдача дополнительной информации в виде печатного листа о ходе процесса. С помощью параметра D в ветви PRIP можно управлять объемом печатной информации. Кроме того, в блок включено определение условий выполнения /ветвь RUCO/. Значение параметров было объяснено в разделе 3.1.

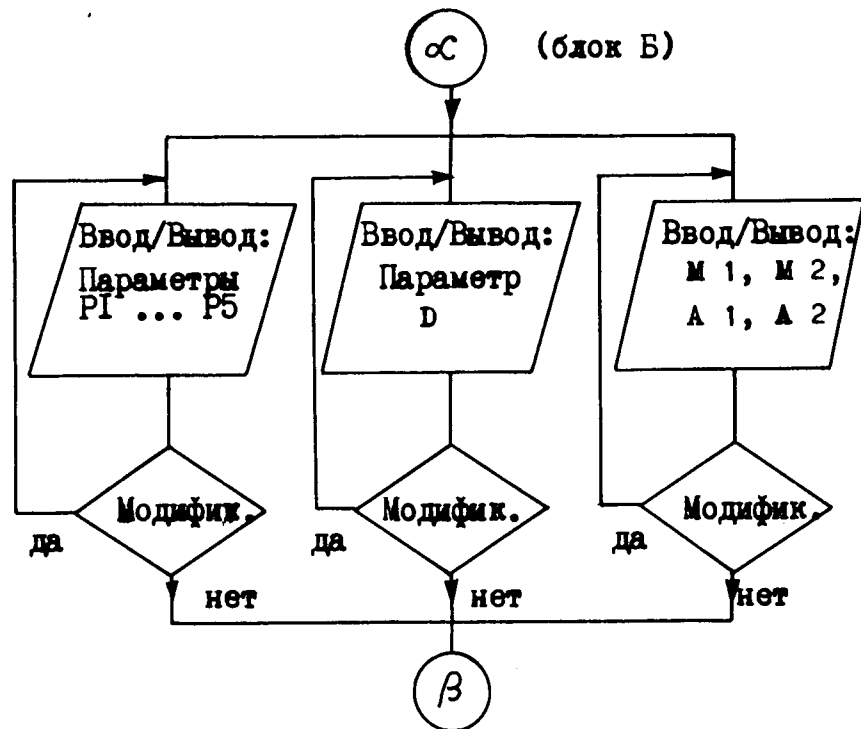


Рис. 5

3.3. Выдача информации /блок В/

Выходной блок имеет три ветви, которые активизируются командами:

TABU: TABULATION OF THE CURRENT RUN
 STAT: SUMMARY OF THE ACTUAL STATUS
 GRAP: GRAPHICAL OUTPUT

Блок служит для выдачи информации, необходимой для эффективного контроля текущего цикла /рис.6/.

Посредством команд STAT и GRAP пользователь получает минимальное количество информации, характеризующей текущую итерацию процесса оптимизации.

Для интуитивной работы пользователя особенно важным является графическое изображение информации. Если параметр G равен 0 или 1, то на графическом дисплее изображается функция $z(x^i)$, где переменная i означает или текущий номер итерации или текущий номер вычисления функции $z(x)$. На основе этих изображений пользователь может оценивать сходимость процесса оптимизации. Кроме того, подготавливается изображение дополнительных функций $a(t)$ и $\bar{a}(x, t)$.

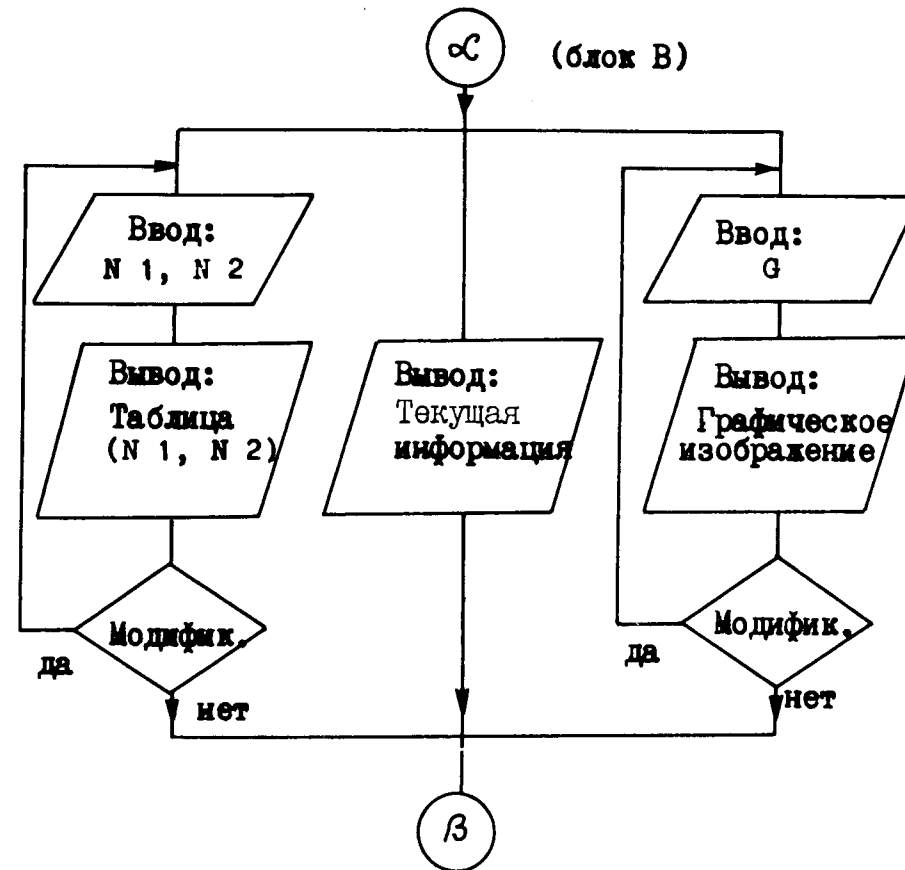


Рис. 6

В случае команды STAT на алфавитно-цифровой дисплей выдаются учетная информация /количество инициализаций, количество итераций, количество вычислений/, текущие значения величин $x, z(x), \nabla z(x), \|\nabla z(x)\|$.

В случае команды TABU и ввода параметров N1 и N2 на дисплей ВТ-340 выдается таблица размером от строки N1 до строки N2. В каждой строке таблицы содержится текущий номер итерации /соответствует текущему номеру строки/, число вычислений в этой итерации и значение функции $z(x)$. Таким образом пользователь получает сведения об истории текущей оптимизации.

3.4. Автоматический режим /блок Г/

Реальная оптимизация функции происходит в блоке автоматического решения /рис.7/. Ветви этого блока активизируются командами:

STRT: START OF THE OPTIMIZATION RUN
 REST: RESTART OF THE METHOD
 CONT: CONTINUATION OF THE ACTUAL RUN

Оптимизация проводится на основе заранее выбранного метода математической оптимизации. Процесс начинается и продолжается до тех пор, пока не будут выполнены заранее заданные параметры C_1 и C_2 . При выполнении этих условий автоматическая оптимизация останавливается, и пользователь имеет возможность задать новые команды. Задание условий проводится после команды STRT с помощью параметров C_1 и C_2 . Параметр C_1 ограничивает число итераций, а параметр C_2 - число определений шага Δx , которое можно проводить до следующего интерактивного взаимодействия. После команды REST дополнительно инициализируется выбранный метод минимизации.

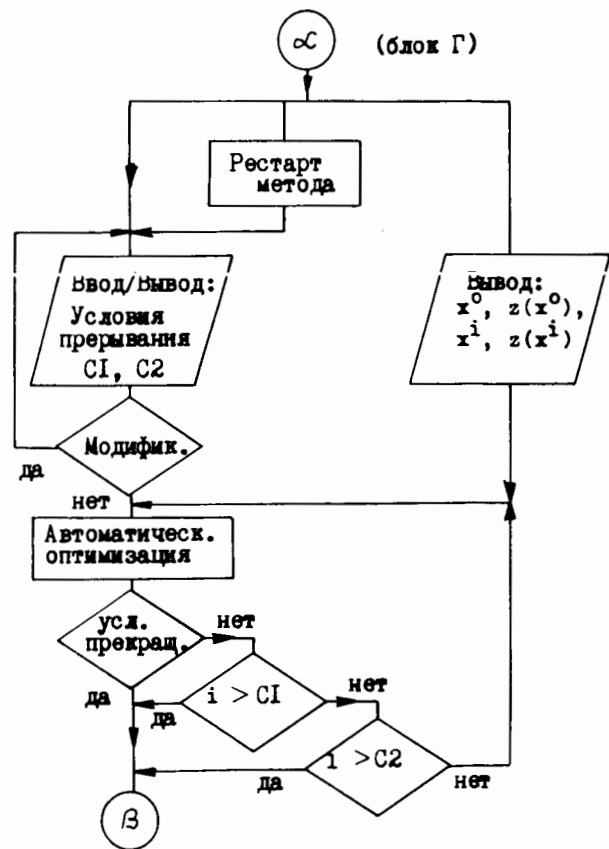


Рис. 7

Командой CONT на дисплее ВТ-340 выдаются начальные и текущие параметры, и минимизация продолжается на данных условиях.

3.5. Интерактивный режим /блок Д/

Интерактивный режим оптимизации полезен, если процесс автоматического решения в точке x^i не имеет сходимости. Цель взаимодействия состоит в том, чтобы найти точку x^{i+1} , где снова можно продолжить метод оптимизации. Запрограммировано три метода, выбор одного из них определяется параметром интерактивного действия I /рис.8/. В случае $I = 0$ на графическом дисплее изображается функция

$$z(\alpha) = z(x^i + \alpha s^i), \quad /1/$$

где s^i есть данный вектор, и на основе этой картины можно определить длину шага Δx^i , где

$$z(x^{i+1}) = z(x^i + \Delta x^i) = \min_{\alpha} \{z(x^i + \alpha s^i)\}. \quad /2/$$

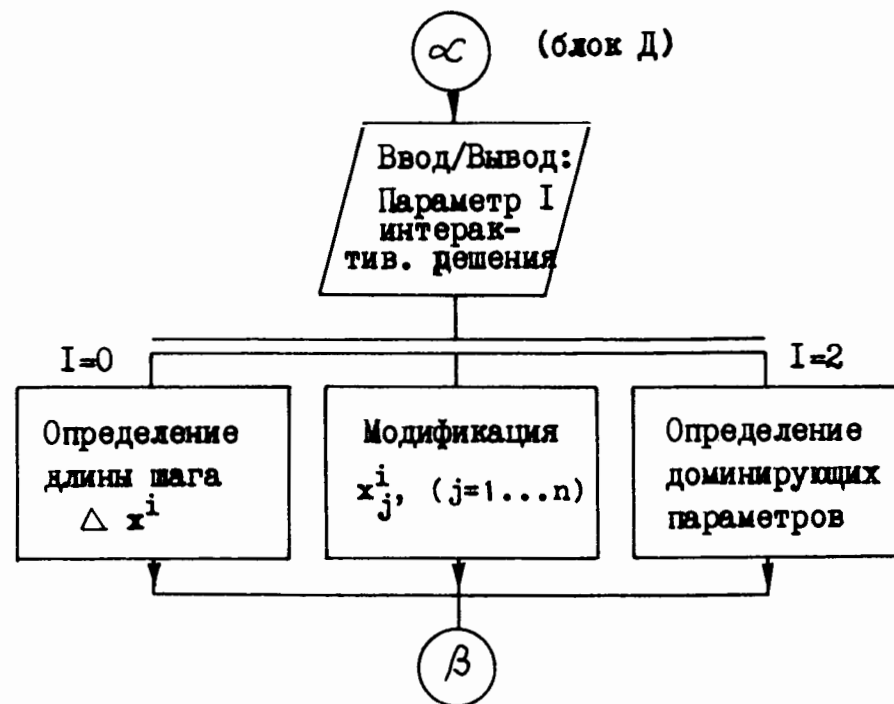


Рис. 8

Если $I = 1$, на дисплей выдаются окрестности точки x^i , то есть величины

$$z(x^j) = z(x^i + \gamma e_j), \quad (j = 1 \dots n), \quad /3/$$

где $\gamma = \pm 0,01$ и e_j - одиночный вектор. На основе этой информации пользователь может попытаться найти точку x^{i+1} .

4. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ IAOPT

Представленная система программ предусмотрена для решения нелинейных проблем оптимизации типа

$$P1: \quad \min_{x \in D \subset R^n} \{\bar{z}(x)\} \quad /4/$$

при ограничениях $g_j(x) \leq 0, \quad (j = 1 \dots m)$.

Предположим, что функции $\bar{z}(x)$ и $g_j(x), j = 1 \dots m$ дифференцируемы для всех $x \in D$. D - область выполнения.

$$D = \{x \mid \ell_i \leq x_i \leq u_i, \quad i = 1 \dots n, \quad \ell, u \in R^n\}. \quad /5/$$

Для реального решения задачи $P1$ предпочтительно эквивалентное представление без ограничений /3/.

$$P2: \quad \min_{x \in R^n} \{z(x)\} = \quad /6/$$

$$= \min_{x \in R^n} \{ \bar{z}(x) + r \left(\sum_{j=1}^m g_j^{-1}(x) + \sum_{i=1}^n ((\ell_i - x_i)^{-1} + (x_i - u_i)^{-1}) \right) \}.$$

Эта задача решается методом наибольшей крутизны /4/.

Применение системы предполагает, что пользователь обеспечивает подпрограмму (SUBROUTINE) с названием FNKT на языке Фортран для вычисления $z(x)$ и градиента $\nabla z(x)$ в соответствии со своей проблемой оптимизации. Обмен параметрами между подпрограммой FNKT и системой IAOPT проводится через блоки типа COMMON, что иллюстрирует заключительный пример:

```
C PROGRAM-SYSTEM: I A O P T (INTERAKTIVE OPTIMIZATION)
C SUBROUTINE FNKT
C
C F N K T IS TO EVALUATE ALL THE PARAMETERS OF THE OBJEC-
C TIVE-FUNCTION, ON WHICH THE OPTIMIZATION-METHOD IS BASED:
C N: ORDER OF THE PROBLEM
C M: NUMBER OF CONSTRAINTS
C F: VALUE OF THE OBJECTIVE
C G: GRADIENT OF THE OBJECTIVE-FUNCTION
C
C
C ++++++
C
C USED COMMON - PARAMETERS
C
C INTEGER * 4 N,M
C COMMON /PAR/ N,M
C REAL * 8 F,G(50)
C COMMON /OPT/ F,G
C
C ++++++
```

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье описана система программ, находящихся в эксплуатации в ИЦ ЛЯП ОИЛЛ, используемая для решения задач оптимизации конструирования аналоговых электронных схем. Оптимизированные задачи имели порядок до $n = 30$.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить благодарность И.Ентшел и Л.Пражаковой за помощь при отладке системы, а также С.В.Медведю за постоянную поддержку и интерес к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Antreich K., Müller G. Zur interaktiven Schaltungsoptimierung AEU 34, 1980, H. 3, p. 89-96.
2. Nachtel C.D., Scott T.R., Zug R.P. An interactive linear programming approach to model parameter fitting and worst case circuit design. IEEE Transactions, CAS-27, No. 10, pp. 871-881.
3. Фиакко А., Мак-Кормик Г. Нелинейное программирование, "Мир", М., 1972.
4. Fletcher R., Powell M.J.D. "A rapidly convergent method for minimization" Computer Journal, 1963, 16, pp. 163-168.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 июня 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
D1,2-12036	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12450	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
D11-80-13	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

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

Ентшел Х.-И.

11-83-372

Решение задач оптимизации в диалоговом режиме

Описана диалоговая система IAOPT, которая работает на графическом комплексе, созданном в измерительном центре ЛЯП ОИЯИ. Система используется для решения задач нелинейной оптимизации. Показана блок-схема системы IAOPT. Система написана на языке Фортран и содержит в себе множество подпрограмм. Описан пример практического применения системы.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Jentschel H.-J.

11-83-372

Solution of Optimization Problems by Interactive Dialogue

The IAOPT Dialogue Program System usable for solving nonlinear optimization problems is described. IAOPT is a FORTRAN-subroutine-package and can be used in connection with a GD 71 - graphic display controlled by the KRS 4201 - EC 1040 - computer system. The block - structure of the IAOPT - System and examples how to use IAOPT are given.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.