

УДК 658.562.014:65.011.58

Группа Т59

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ОСТ 1 00358-80

ОТРАСЛЕВАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ Методика оценки оптимальных значений показателей

На 20 страницах

Введен впервые

Распоряжением Министерства от 20 июня 1980 г.

№ 087-16

срок введения установлен с 1 июля 1981 г.

Настоящий стандарт устанавливает метод оценки оптимальных значений показателей качества в отраслевой автоматизированной системе управления (ОАСУ).
Поиск оптимальных значений показателей основан на методе случайного поиска.

№ изм.

№ изв.

4463

нв. № дубликата

нв. № подлинника

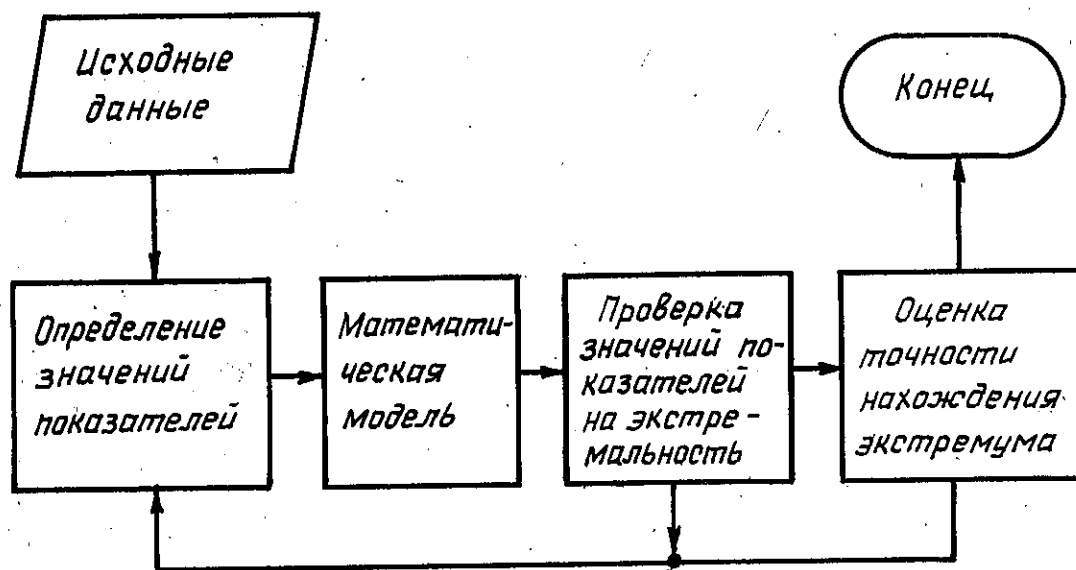
Метод позволяет решать условные и безусловные оптимизационные задачи с критериальной функцией и ограничениями произвольного характера.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Процесс определения оптимальных значений показателей методом случайного поиска представляет собой итеративную процедуру нахождения оценок данных показателей (вектора-аргумента \bar{X}), соответствующих экстремальному (минимальному или максимальному) значению критерия Q .

Поиск экстремальных значений вектора-аргумента $\bar{X} = \{X_1, \dots, X_i, \dots, X_n\}$, (n - число показателей) осуществляется в некоторой области D конечного n -мерного евклидова пространства.

Укрупненная блок-схема процедуры поиска оптимальных значений показателей приведена на чертеже.



1.2. Применение метода случайного поиска рекомендуется:

- при решении оптимизационных задач с вероятностным характером управляемого процесса, поиск точного решения которых нецелесообразен;
- при решении оптимизационных задач, математические модели которых имеют сложную (нелинейную) структуру, большое число переменных ($N \geq 10$) или малое число переменных ($N < 10$) (при условии, что время решения последних должно быть не менее 1,5-3 с).

1.3. Построение математической модели оптимизационной задачи состоит в математическом описании критериальной функции $Q(\bar{X})$, соответствующей выбранному критерию Q и области поиска D . Вопросы построения математической модели в настоящем стандарте не рассматриваются.

№ изм.
№ изв.

4463

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

1.4. Математические модели, описывающие соответствующие задачи управления качеством и надежностью, могут иметь произвольную структуру критериальной функции

$$Q = Q(\bar{X}), \quad (1)$$

и систему ограничений, определяющую область поиска D

$$D: \begin{cases} \bar{X}_{\min} \leq \bar{X} \leq \bar{X}_{\max} \\ g_h(\bar{X}) \geq 0; \quad h = 1, m; \quad m \leq n, \end{cases} \quad (2)$$

где m - число функциональных ограничений;

$\bar{X}_{\min}, \bar{X}_{\max}$ - минимальное и максимальное значение вектора-аргумента \bar{X} .

1.5. Пользователь при решении конкретной оптимизационной задачи должен:

- сформулировать задачу управления, построить математическую модель и записать ее на алгоритмическом языке;
- сформировать исходные данные с учетом значений соответствующих операторов *FORMAT* и *DIMENSION*;
- ввести укомплектованную программу в ЭВМ.

2. АЛГОРИТМ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

2.1. Исходные данные

2.1.1. При реализации алгоритма используется система следующих исходных данных в виде массивов, констант и переменных:

$XO(J,I), XM(J,I), XN(J,I), W(J,I), D(J,I), VS(J,I), S_1(J,I), KI, KM, L, IX, NN, N1, NT, NQ, NS, DN, S_2, S_3, S_4, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7$.

2.1.2. При формировании массивов, определяющих характер переменных и область допустимых значений, необходимо учитывать характер решаемой задачи оптимизации.

Если решается задача типа оптимального проектирования, т.е. если каждой переменной (например, интенсивности отказов, периодичности проверок и т.п.) поставлен ряд функциональных частей оптимизируемой системы (например, автопилот, блок радиуправления и т.д.), то индексы I и J имеют следующее содержание:

I - индекс вида переменной;

J - индекс функциональных частей системы, самостоятельно исследуемых в задаче оптимизации.

Если решается динамическая задача оптимизации, то индексы I и J имеют следующее содержание:

I - индекс вида переменной;

J - индекс интервала времени.

В остальных оптимизационных задачах значение индекса J принимается равным единице.

$XO(J, I)$ - массив значений координат исходной точки (любое значение вектора-аргумента \bar{X} , принадлежащее области допустимых значений, определяемой совокупностью простых и функциональных ограничений).

$XM(J, I)$, $XN(J, I)$ - массивы максимальных и минимальных значений переменных, определяющих область допустимых значений.

$W(J, I)$ - массив признаков, определяющих тип переменной (непрерывной управляемой переменной соответствует признак 1, дискретной управляемой переменной соответствует признак 0).

При необходимости малочувствительные управляемые переменные в модели могут быть заменены на константы.

Данное преобразование осуществляется путем присвоения соответствующему элементу массива $W(J, I)$ значения, равного 0,5.

$D(J, I)$ - массив шагов дискретности управляемых дискретных переменных (шаги дискретности для соответствующей I -й переменной могут быть одинаковыми и различными по J).

Массив шагов дискретности $D(J, I)$ заполняется только для дискретных переменных, остальным переменным в массиве соответствуют пробелы, которые в ЭВМ реализуются в нули.

$VS(J, I)$ - массив признаков, определяющих различие или единство значений I -й переменной по J (признак 0 соответствует переменной, имеющей различные значения по J , признак 10 соответствует переменной, имеющей единое значение по J).

$S_1(J, I)$ - массив коэффициентов масштаба (начальное значение коэффициентов масштаба для всех переменных равно 2).

2.1.3. Значения констант и переменных назначаются в пределах указанных диапазонов в зависимости от характера задачи оптимизации и требуемой точности решения:

NN - заданное число шагов поиска экстремума ($NN \approx 300+2000$);

KI - общее число управляемых переменных и констант, определяющее размерность исходного массива;

KM - общее число управляемых переменных (в частном случае KM равняется KI);

L - предельное число функционально самостоятельных частей системы (при отсутствии этих частей $L = 1$);

IX - константа, используемая при генерации равномерно распределенных случайных чисел ($IX = 71253$);

S_2 - константа, характеризующая быстроту сходимости поиска ($S_2 \approx 0,05+0,1$);

№ изм.

№ изв.

4463

Инв. № дубляжата

Инв. № оригинала

- S_3 - константа, определяющая максимальное значение коэффициентов масштаба по всем координатам (величина S_3 определяется требованием точности поиска и изменяется в диапазоне от 10 до 100);
- S_4 - константа, определяющая меру близости экстремальных оценок (величина S_4 определяется требованием к скорости сходимости и изменяется в диапазоне от 0,05 до 0,1);
- NT - число случайных исходных точек поиска в области допустимых значений переменных ($NT \geq 1$);
- N_1 - число неэффективных шагов поиска, после которых осуществляется изменение коэффициентов масштаба ($N_1 \approx 50-100$);
- NQ - число случайных пробных шагов при оценке статистического градиента критериальной функции;
- D_1 - константа, определяющая величину пробных шагов при оценке статистического градиента критериальной функции ($D_1 \approx 0,005$);
- D_2 - константа, определяющая величину рабочих шагов по соответствующим координатам при градиентном поиске ($D_2 \approx 0,05-0,1$);
- D_3 - коэффициент роста направленных шагов поиска ($D_3 \approx 1,1-1,3$);
- NS - число направленных шагов поиска, после которых осуществляется увеличение коэффициента роста направленных шагов поиска D_3 ($NS \approx 2-5$);
- DN - константа, определяющая меру увеличения коэффициента D_3 ($DN \approx 1,2-2$);
- D_4 - коэффициент уменьшения направленных шагов поиска ($1 < D_4 < D_3$);
- D_5 - константа, определяющая наличие или отсутствие функциональных ограничений (1 - наличие ограничений, 0 - отсутствие ограничений);
- D_6 - константа, определяющая характер экстремальной задачи (0 - задача минимизации, 1 - задача максимизации);
- D_7 - константа, определяющая величину уменьшения рабочих шагов при градиентном поиске ($D_7 \approx 0,005-0,01$).

2.2. Процесс случайного поиска

2.2.1. Поиск оптимальных значений показателей начинается с исходной точки поиска \bar{X}_0 с координатами $XO(\mathcal{J}, I)$ и значением критериальной функции $\hat{Q} = \hat{Q}(\bar{X}_0)$.

2.2.2. Величина случайного K -го шага поиска определяется выражением

$$\bar{X}_K = \bar{X}_{K-1}^* + \bar{\Delta}_K, \quad (3)$$

где \bar{X}_{K-1}^* - значение вектора-аргумента, соответствующего найденной оценке экстремального значения критериальной функции за $(K-1)$ -шагов поиска (исходное значение \bar{X}^* принимается равным \bar{X}_0);

$\bar{\Delta}_K$ - значение случайного K -го приращения вектора-аргумента.

№ изм.
№ изв.

4463

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

2.2.3. Величина случайного K -го приращения вектора-аргумента определяется выражением

$$\bar{\Delta}_K = \bar{a} \bar{\xi}_K, \quad (4)$$

где \bar{a} - q -мерный вектор длины шага поиска $\bar{a} = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1KM}; a_{21}, \dots, a_{j1}, \dots, a_{LKM})$;

a_{ji} - длина шага поиска по j, i -й координате.

При этом a_{ji} определяется выражением

$$a_{ji} = \frac{1}{S_j(\mathcal{J}, I)} (X_M(\mathcal{J}, I) - X_N(\mathcal{J}, I)). \quad (5)$$

$\bar{\xi}_K$ - K -е значение q -мерного случайного нормированного вектора, равномерно распределенного по всем направлениям пространства оптимизируемых показателей

$$\bar{\xi}_K = (\xi_{11}, \xi_{12}, \dots, \xi_{1KM}; \xi_{21}, \dots, \xi_{j1}, \dots, \xi_{LKM}),$$

где ξ_{ji} - случайное нормированное значение j, i координаты, равномерно распределенной в интервале $[-1, 1]$. При этом ξ_{ji} определяется выражением

$$\xi_{ji} = \frac{\xi_{ji}^0}{\sqrt{\frac{2}{\pi} (\xi_{ji}^0)^2}}, \quad (6)$$

где ξ_{ji}^0 - случайное число, равномерно распределенное в интервале $[-1, 1]$, получаемое методом функциональных преобразований случайных чисел ξ_{ji}^* , случайно распределенных в интервале $[0, 1]$ в соответствии с выражением

$$\xi_{ji}^0 = 2 \cdot \xi_{ji}^* - 1. \quad (7)$$

2.2.4. Размерность векторов \bar{a} и $\bar{\xi}_K$ определяется выражением

$$q = LKM - \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^{KM} x_{ji} - \sum_{i=1}^{KM} SVS_i, \quad (8)$$

при этом

$$x_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{если } W(\mathcal{J}, I) = 0,5 \\ 0, & \text{если } W(\mathcal{J}, I) \neq 0,5 \end{cases} \quad (9)$$

$$SVS_i = \begin{cases} \sum_{j=1}^L f_{ji} - 1, & \text{если } \sum_{j=1}^L f_{ji} > 1 \\ \sum_{j=1}^L f_{ji}, & \text{если } \sum_{j=1}^L f_{ji} \leq 1. \end{cases} \quad (10)$$

2.3. Проверка случайного шага поиска на экстремальность

2.3.1. Проверка случайного шага поиска на экстремальность осуществляется

путем проверки неравенств

$$\begin{aligned} \hat{Q}_K - Q^* &< 0 && \text{(при минимизации),} \\ \hat{Q}_K - Q^* &> 0 && \text{(при максимизации),} \end{aligned} \quad (11)$$

№ п.
№ изв.

4463

Ив. № дубликата
Ив. № подлинника

где \hat{Q}_K - текущее значение критериальной функции на K -ом шаге поиска;
 Q^* - оценка экстремального значения критериальной функции, найденной за
 $(K-1)$ шагов поиска.

2.3.2. Если соответствующее неравенство выполняется, то осуществляется операция присвоения

$$\bar{X}^* = \bar{X}_K \quad \text{и} \quad Q^* = \hat{Q}_K, \quad (12)$$

и начинается процесс направленного поиска, в противном случае продолжается случайный поиск.

2.4. Процесс направленного поиска

2.4.1. Направленное приращение вектора-аргумента определяется выражением

$$\bar{\Delta} d_N = \bar{\Delta} d_{N-1} D_3, \quad (13)$$

где d_N - число направленных шагов.

Если $d_N=1$, то

$$\bar{\Delta} d_{N-1} = \bar{\Delta}_K, \quad (14)$$

где $\bar{\Delta}_K$ - случайное значение приращения вектора-аргумента, соответствующее последней экстремальной оценке, найденной случайным поиском.

2.4.2. Если число удачных направленных шагов $d_N > NS$, то осуществляется увеличение коэффициента роста направленного приращения вектора-аргумента

$$D_3 = D_3 \cdot DN. \quad (15)$$

2.4.3. Процесс направленного движения в пространстве оптимизируемых показателей осуществляется до первого неудачного шага (направленный шаг, для которого не выполняется условие экстремальности оценки).

2.4.4. Если число $d_N > 1$, то после неудачного шага осуществляется обратный направленный шаг, значение которого определяется выражением

$$\bar{X}_{d_{N+2}} = \bar{X}_{d_N} - \frac{\bar{\Delta} d_{N+1}}{D_4} \quad (16)$$

Если $d_N=1$, обратный направленный шаг не осуществляется и начинается градиентный поиск.

2.5. Процесс градиентного поиска

2.5.1. При градиентном поиске оценка направления движения в пространстве оптимизируемых показателей осуществляется путем статистической оценки градиента критериальной функции в окрестности последнего значения \bar{X}^* .

2.5.2. Статистическая оценка градиента осуществляется двумя способами:

- если число оптимизируемых показателей невелико ($q \leq 10$), то оценка градиента осуществляется методом центральной пробы по формуле

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{g} [q(\bar{X}^* + \bar{g} \bar{l}) - q(\bar{X}^*)], \quad (17)$$

№ изм.
№ изв.

4463

Инв. № дубликата
Инв. № оригинала

где \vec{g} - вектор значений пробных шагов;
 \vec{e} - вектор координатных орт;

- если число оптимизируемых показателей велико ($q > 10$), то оценка градиента осуществляется методом непарных проб относительно среднего

$$\vec{\lambda} = \sum_{h=1}^{NQ} (\vec{\xi}_h - \vec{\xi}_{cp}) [Q(\vec{X}^* + \vec{\xi}_h) - Q_{cp}], \quad (18)$$

при этом

$$\vec{\xi}_{cp} = \frac{1}{NQ} \sum_{h=1}^{NQ} \vec{\xi}_h; \quad Q_{cp} = \frac{1}{NQ} \sum_{h=1}^{NQ} Q(\vec{X}^* + \vec{\xi}_h), \quad (19)$$

где $\vec{\xi}_h$ - случайные значения вектора-аргумента, равномерно распределенные в пространстве оптимизируемых переменных, ограниченного по каждой координате интервалом $[-g, g]$.

Величина g определяется выражением

$$|g| = D_1 [X_M(\mathcal{J}, I) - X_N(\mathcal{J}, I)]. \quad (20)$$

2.5.3. Величина градиентного шага по каждой координате определяется выражением

$$X d_r(\mathcal{J}, I) = X^*(\mathcal{J}, I) + \Delta d_r(\mathcal{J}, I). \quad (21)$$

Здесь

$$\Delta d_r(\mathcal{J}, I) = \alpha \frac{\lambda(\mathcal{J}, I)}{\sqrt{\sum_1^q [\lambda(\mathcal{J}, I)]^2}} D_2 \left(\frac{X_M(\mathcal{J}, I) - X_N(\mathcal{J}, I)}{S_r(\mathcal{J}, I)} \right). \quad (22)$$

Величина константы α равна -1 при решении задачи минимизации критериальной функции и $+1$ при решении задачи максимизации критериальной функции.

2.5.4. После первого неудачного градиентного шага осуществляется процедура оценки положения экстремума в области $\vec{X}^* \div (\vec{X}^* + \Delta d_r)$ относительно точки пространства, определяемого координатами вектора \vec{X}^* .

Данная процедура основывается на принципах дихотомии и состоит из следующих операций:

- определения нового значения приращения путем деления пополам приращения Δd_r

$$\bar{\Delta} d_g = \frac{\bar{\Delta} d_r}{2}, \quad (23)$$

где d_g - порядковый номер процедуры дихотомии;

- оценки значения критериальной функции в точке оптимизируемого пространства с координатами

$$\vec{X} d_g = \vec{X}^* + \bar{\Delta} d_g. \quad (24)$$

№ изм.
№ изм.

4483

Ив. № дубликата
Ив. № подлинника

Если $\Delta Q < 0$ (для задачи минимизации), то $\bar{X}^* = \bar{X}d_g$ и повторяется операция деления $\bar{X}d_g$ относительно нового значения \bar{X}^* .

Если $\Delta Q > 0$, то значение вектора \bar{X}^* не пересчитывается и операция деления $\bar{X}d_g$ осуществляется относительно исходного значения \bar{X}^* .

Данная процедура оценки положения экстремума прекращается после того, как выполнится условие

$$\bar{\Delta}d_g < D_7 (\bar{X}M - \bar{X}N). \quad (25)$$

2.6. Итеративный пересчет коэффициентов масштаба зоны поиска

2.6.1. Изменение коэффициентов масштаба зоны поиска осуществляется после выполнения неравенства

$$K8 > N1, \quad (26)$$

где $K8$ - число случайных шагов поиска после последнего резкого изменения положения оценки экстремума критериальной функции в пространстве оптимизируемых переменных.

В качестве меры резкого изменения оценки экстремума критериальной функции используется неравенство

$$|Q_{\mathcal{X}}^* - Q_{\mathcal{X}-1}^*| > S_2 Q_{\mathcal{X}}^*, \quad (27)$$

где \mathcal{X} - индекс порядкового номера найденной экстремальной оценки критериальной функции.

При изменении масштаба зоны поиска учитывается величина и взаимное положение оценок экстремума, полученные в процессе поиска.

2.6.2. Остановка поиска осуществляется при выполнении одного из двух неравенств

$$K > NN, \quad AMIN > S_3, \quad (28)$$

где K - общее число случайных шагов поиска;

$AMIN$ - минимальное значение коэффициента масштаба зоны поиска в пространстве оптимизируемых показателей.

2.7. Выходные данные

2.7.1. Выходными данными алгоритма являются:

CB - конечное значение экстремальной оценки критериальной функции (в случае поиска экстремума критериальной функции с различных исходных точек поиска на печать выводятся все конечные значения экстремума, соответствующие каждой исходной точке поиска);

$CX(J,I)$ - массив оптимальных значений показателей (переменных), соответствующих конечному значению экстремальной оценки критериальной функции.

Кроме этого на печать выводятся все исходные данные.

№ изм.

№ изв.

4463

Инв. № дубляжата

Инв. № оригинала

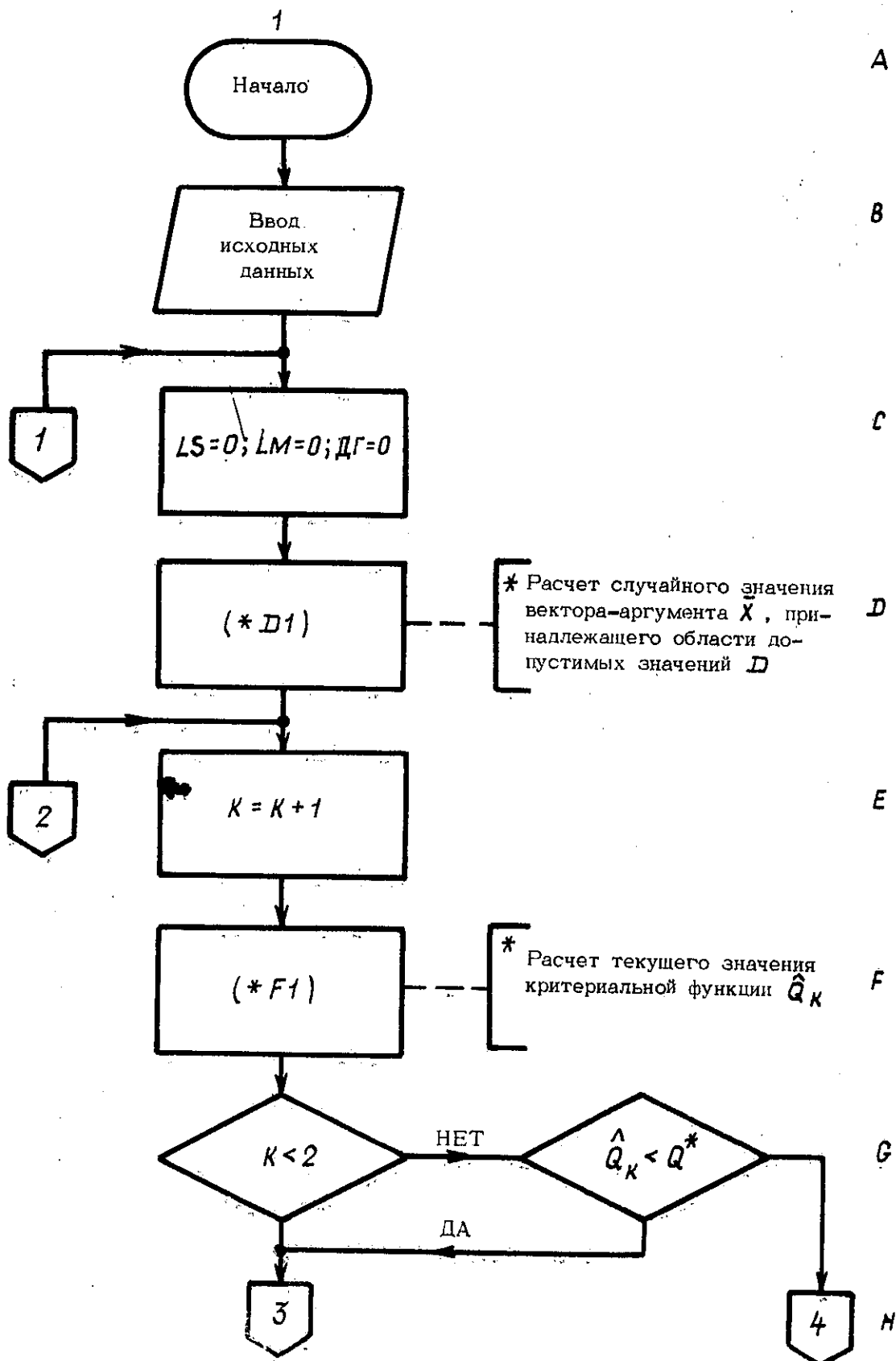
2.8. Блок-схема алгоритма поиска оптимальных значений показателей приведена в рекомендуемом приложении 1.

2.9. Примеры использования алгоритма поиска оптимальных значений показателей приведены в справочном приложении 2.

№ изм.	
№ изв.	

Изм. № дубликата	
Изм. № подлинника	4463

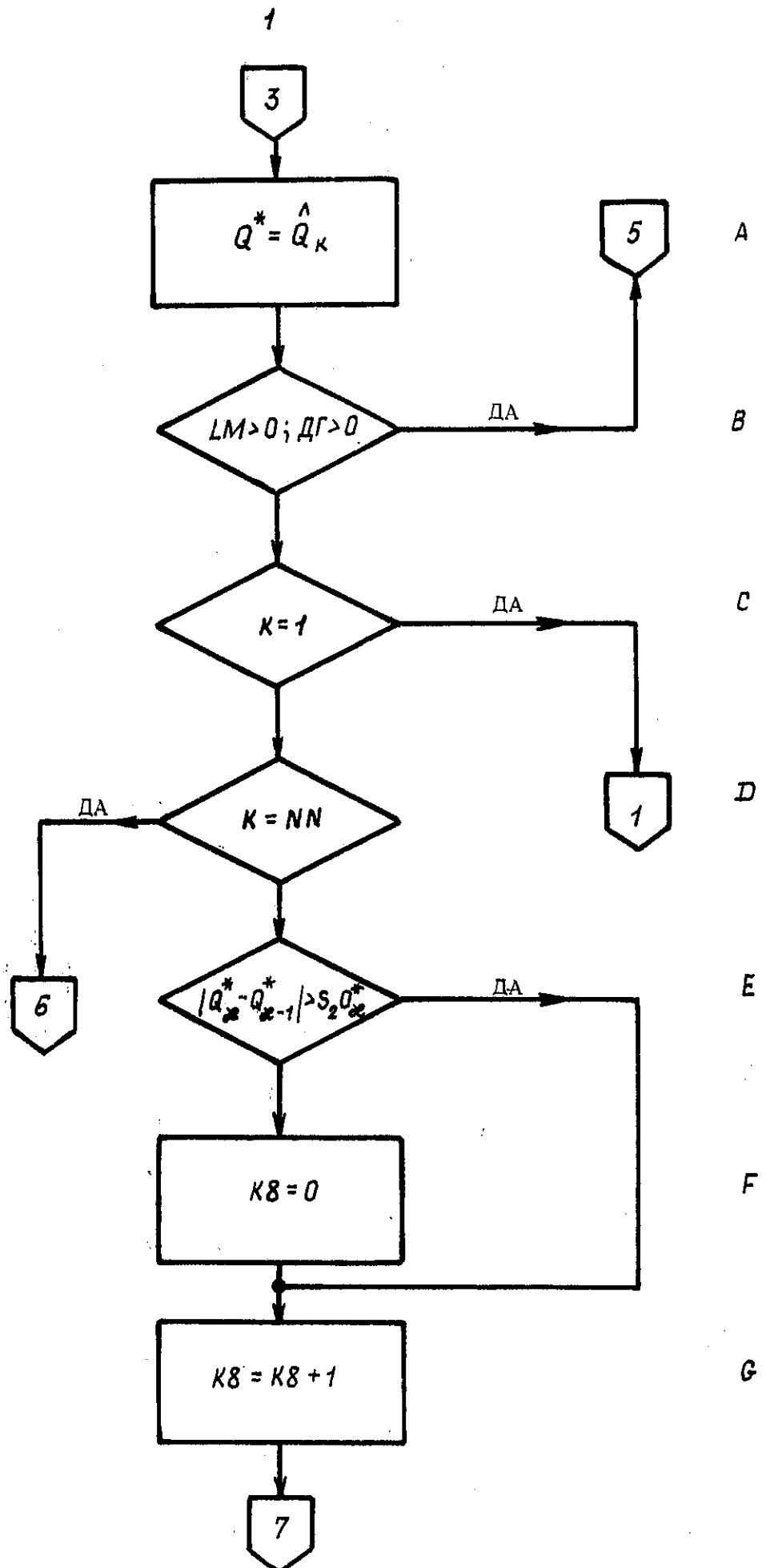
БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ
ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ



№ изм.
№ изв.

4463

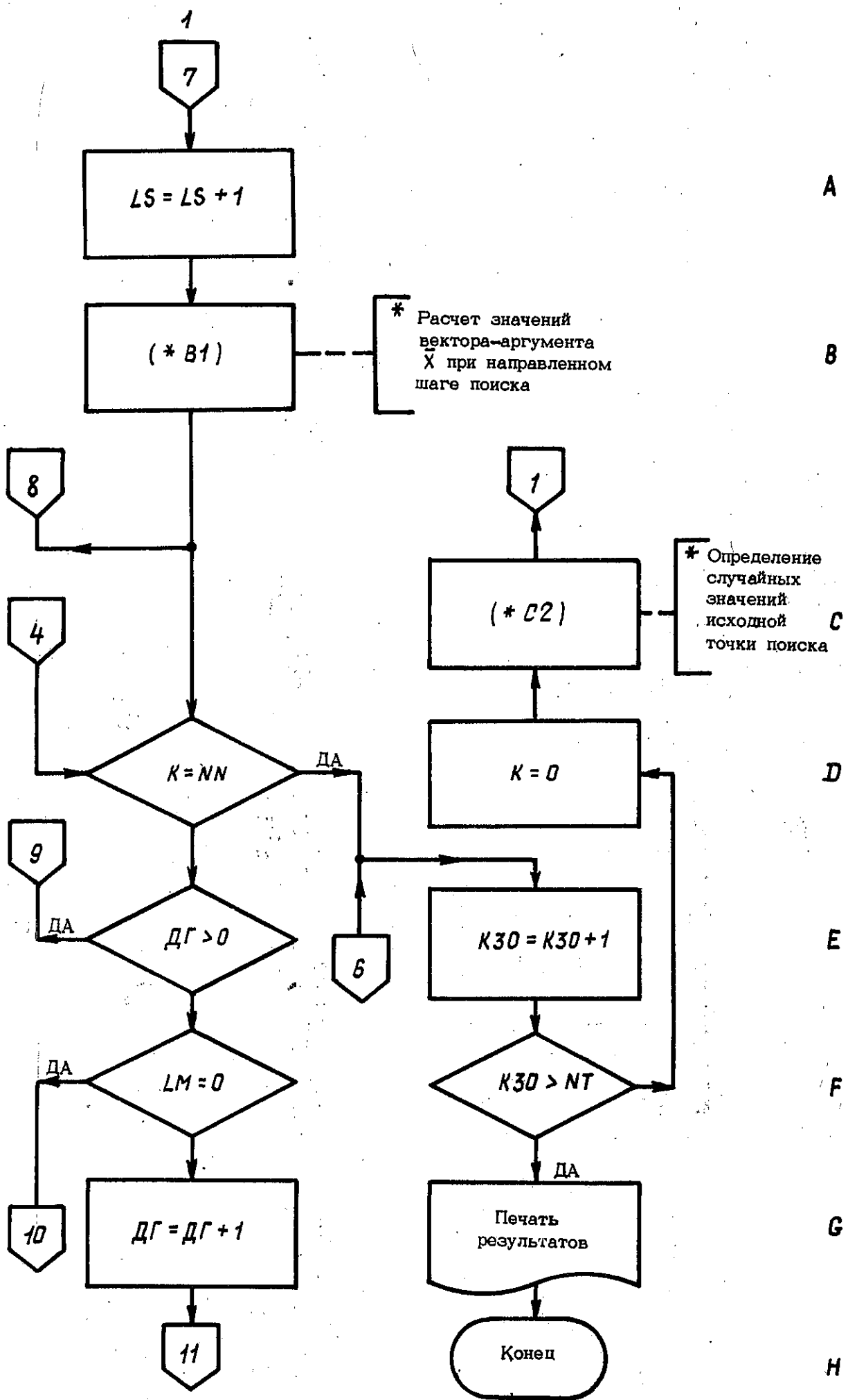
Инв. № дубликата
Инв. № подлинника



№ изм.
№ изв.

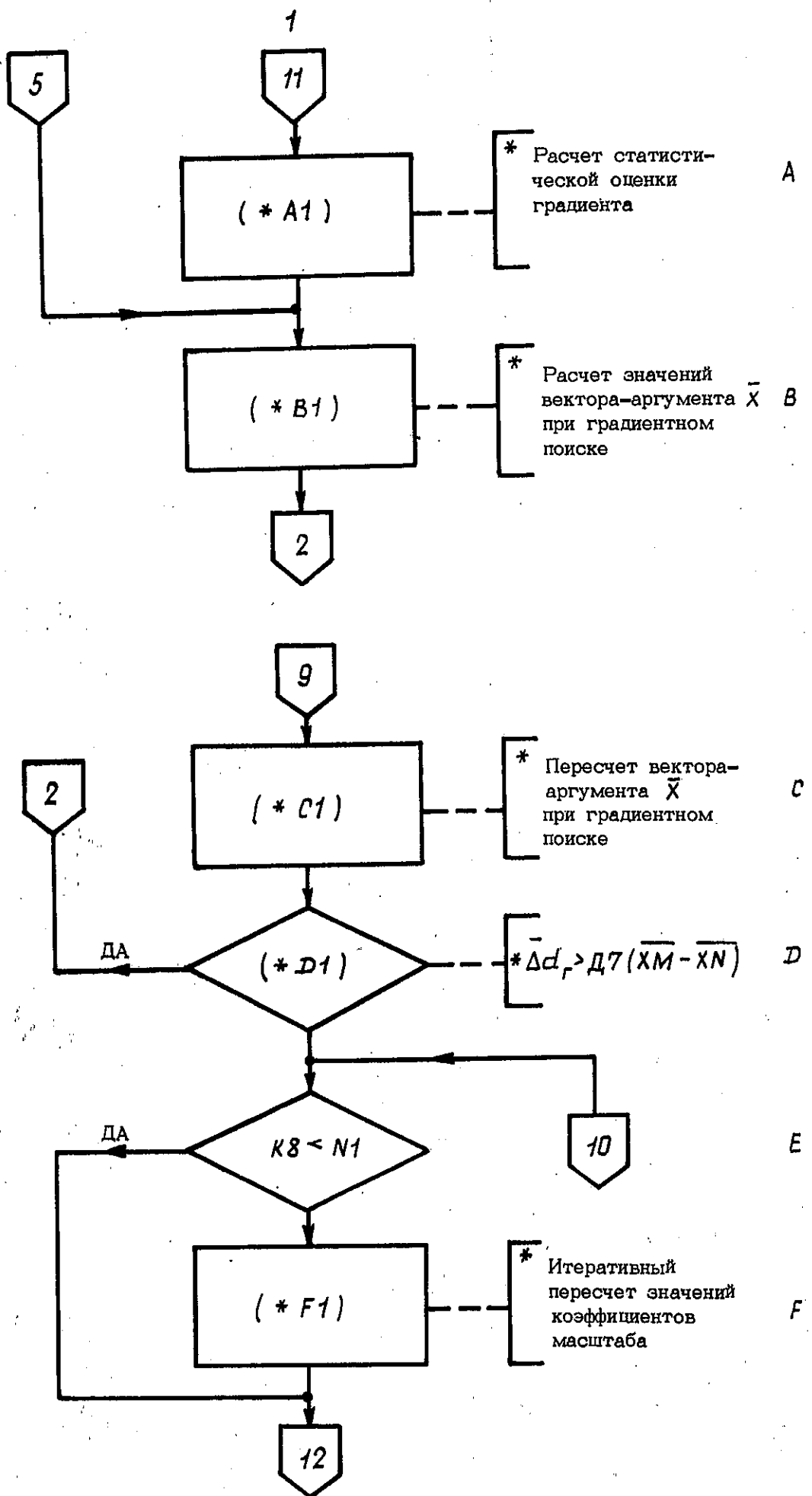
4463

Име. № дубликата
Име. № подлинника



№ изм.
№ изв.

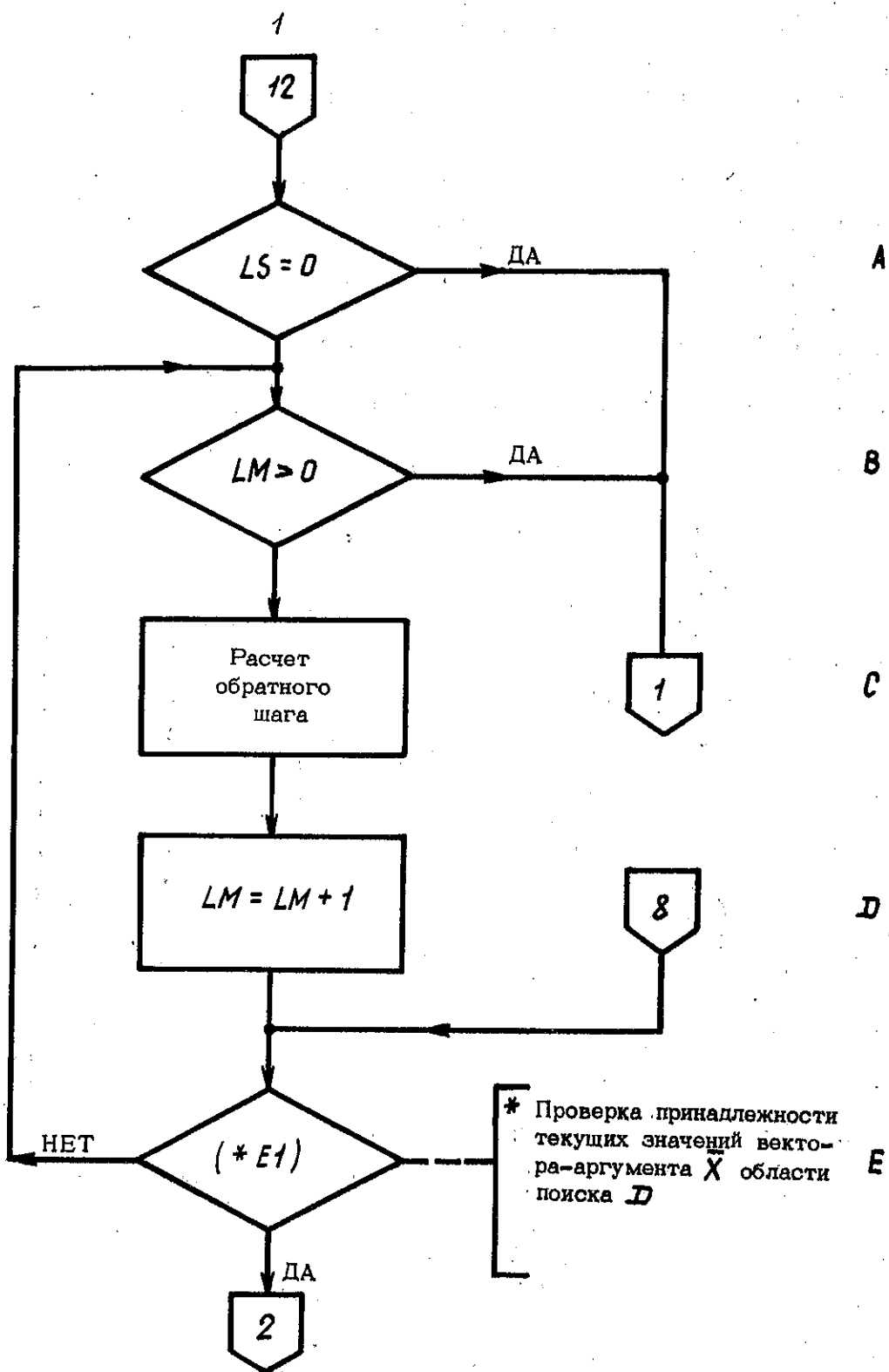
Изм. № дубликата
Изм. № подлинника
4463



№ изм.
№ изв.

-4463

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника



№ изм.
№ изв.

4463

Ив. № дубляжата
Ив. № подлинника

Примечание. На схеме применены следующие условные обозначения:
 LS - индекс счетчика числа удачных шагов поиска;
 LM - индекс счетчика числа неудачных шагов поиска;
 $K30$ - индекс счетчика числа исходных точек поиска;
 $ДГ$ - индекс переменной, определяющей факт проведения расчета градиента (1 - проведение расчета градиента, 0 - непроведение расчета градиента).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМА ПОИСКА
ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Пример 1.

1. Определить значения управляющих воздействий $u_j(k)$, (где k - число шагов оптимизации), оптимизирующих процесс изменения показателей $\Pi_i(k)$ (i - индекс типа показателей) производственного контура подсистемы управления качеством (УК).

2. Рассматривается упрощенный вариант модели управления, состоящий из двух подпроцессов:

- контроля обеспечения качества готовых изделий в сборочном производстве;
- контроля поддержания качества изделия при гарантийной эксплуатации.

Предполагается, что приложение управляющих воздействий возможно лишь в первом подпроцессе ($j = 1$).

3. В этих условиях постановка задачи оптимального управления формулируется следующим образом.

Требуется найти оптимальное управление $\{u_1(k), k = 2, 3, \dots, N-1\}$ (N - число интервалов оптимизации) при ограничениях $u_1(k) > 0$; $u_1(1) = 0$;
 $\sum_{k=2}^{N-1} u_1(k) < 0,1$ и соответствующую ему траекторию вида

$$\begin{cases} \Pi_1(k+1) = \Pi_1(k) + 0,8u_1(k) + 0,4u_1(k-1); \\ \Pi_2(k+1) = \Pi_2(k) + 0,5u_1(k) + 0,2u_1(k-1), \end{cases}$$

максимизирующее критерий качества управления $J = \Pi_2(N)$ и удовлетворяющее начальным условиям $\Pi_1(2) = 0,9$; $\Pi_2(2) = 0,9$ и ограничениям $\Pi_1(N) \leq 0,999$;
 $\Pi_2(N) \leq 0,999, N = 7$.

4. Данная задача относится к задачам динамического программирования с критерием качества регулирования, зависящим лишь от конечного состояния.

5. Результат поиска приведен в табл. 1.

Таблица 1

Интервал оптимизации K	Показатель состояния подпроцессов,		Управляющее воздействие u_1
	Π_1	Π_2	
2	0,900	0,900	0,008
3	0,906	0,903	0,018
4	0,923	0,914	0,010
5	0,932	0,923	0,028
6	0,962	0,941	0,038
7	0,998	0,959	-

При этом $\sum_{k=2}^{N-1} u_1(k) = 0,098$.

№ изм.
№ изв.

4463

Ив. № дубликата
Ив. № подлинника

6. Решение данной задачи методом, основанным на принципе максимума, имеет следующий вид

$$\pi_1(7) = 0,999; \quad \pi_2(7) = 0,960 \text{ при } \sum_{k=2}^{N-1} u_1(k) = 0,101.$$

Пример 2.

1. Найти оптимальный вариант программы мероприятий, направленных на улучшение качества изделий.

В качестве критерия используется суммарный эффект от реализации программы мероприятий.

2. Математически задача состоит в нахождении вектора \bar{Z} , максимизирующего критериальную функцию вида

$$Q = \sum_{i=1}^N SSW_i Z_i \rightarrow \max$$

при условии, что искомый вектор \bar{Z} , определяющий программу мероприятий, принадлежит области допустимых решений, описываемой системой неравенств

$$Z_i^H \leq Z_i \leq Z_i^B, \quad i = 1, N$$

$$\varphi_j(\bar{Z}) = \sum_{i=1}^N q_{ji} Z_i \leq QQ_j, \quad j = 1, NR,$$

где N - число типов изделий;

SSW_i - эффект от реализации одного мероприятия по изделию i -го типа;

Z_i^H, Z_i^B - заданные значения нижних и верхних границ количества мероприятий по изделию i -го типа;

NR - количество лимитирующих ресурсов;

$\varphi_j(\bar{Z})$ - величина потребного годового фонда j -го ресурса;

q_{ji} - нормы расхода j -го ресурса при проведении мероприятий по i -му изделию;

QQ_j - величина наличного фонда ресурсов j -го вида.

3. В рассматриваемом примере $N = 6, NR = 9$.

Нормы расхода соответствующих ресурсов q_{ji} и величины QQ_j в условных единицах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование ресурса	Норма расхода j -го ресурса						Наличный фонд j -го ресурса QQ_j
	1	2	3	4	5	6	
Площадь сборки	1,0	1,0	1,0	2,0	0,1	0,1	60
Оборудование типа А	0	1	1	2	1	1	60
Трудоемкость	99,40	37,75	19,75	54,40	74,45	53,00	2000

№ изм.
№ изв.

4463

Инв. № дубликата
Инв. № подлинника

Продолжение табл. 2

Наименование ресурса	Норма расхода j -го ресурса						Наличный фонд j -го ресурса QQ_j
	1	2	3	4	5	6	
Оборудование типа Б	2,400	1,540	0	0	0	0	351
Оборудование типа В	2,400	1,960	0	0	0	0	448
Материалы типа А	1,800	3,300	5,330	0	0	0	479
Материалы типа Б	0	0	2,070	0	8,700	0	388
Оснастка	0	0	0,436	0	19,100	12,363	424
Приспособления	0	3,000	0,364	0	9,100	26,737	359

4. Значения эффекта от реализации одного мероприятия по изделию i -го типа в условных стоимостных единицах приведены в табл. 3.

Таблица 3

Тип изделия i	SSW_i	Тип изделия i	SSW_i
1	93,400	4	72,050
2	72,350	5	217,250
3	27,300	6	455,000

Оптимальный вариант мероприятий, обеспечивающих максимальный суммарный эффект от их реализации $Q = 7725,212$ условных стоимостных единиц, приведен в табл. 4.

Таблица 4

Тип изделия i	Z_i	Тип изделия i	Z_i
1	0	4	19
2	0	5	4
3	1	6	12

Возможности использования алгоритма при решении различных оптимизационных задач, не имеющих физического приложения к задачам в подсистеме УК, продемонстрированы на следующих примерах.

Пример 3.

1. Найти оптимальные значения вектора \bar{X} , соответствующие глобальному минимуму критериальной функции

$$Q = 15 + 10 \cdot e^{(-0,05X_1)} \cdot \cos(0,7X_1) + 0,1X_2$$

в области допустимых значений, определенной простыми ограничениями вида

$$0 \leq X_1 \leq 20; \quad 0 \leq X_2 \leq 20.$$

2. Данная функция имеет 12 экстремумов.

Глобальный экстремум $Q_{гл} = 6,990$ при $X_1 = 4,405$ и $X_2 = 0$.

Найденная оценка глобального экстремума $\hat{Q}_{гл} = 6,992$ при $\hat{X}_1 = 4,399$ и $\hat{X}_2 = 0,002$ (время поиска $t \approx 2$ с).

№ изм. № изв. 4463 Инв. № дубликата Инв. № подлинника

Пример 4.

1. Найти оптимальные значения вектора \bar{X} , соответствующие глобальному максимуму критериальной функции.

$$Q = 75,196 - 3,8112 \cdot X_1 + 0,12694 \cdot X_1^2 - 2,0567 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 + 1,0345 \cdot 10^{-5} \cdot X_1^4 -$$

$$- 6,8306 \cdot X_2 + 0,030234 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,2813 \cdot 10^{-3} \cdot X_2 \cdot X_1^2 + 3,5256 \cdot 10^{-5} \cdot X_2 \cdot X_1^3 -$$

$$- 2,266 \cdot 10^{-7} \cdot X_2 \cdot X_1^4 + 0,25645 \cdot X_2^2 - 3,4604 \cdot 10^{-3} \cdot X_2^3 + 1,3514 \cdot 10^{-5} \cdot X_2^4 -$$

$$- \frac{28,106}{X_2 + 1} - 5,2375 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_2^2 - 6,3 \cdot 10^{-8} \cdot X_1^3 \cdot X_2^2 + 7 \cdot 10^{-10} \cdot X_1^3 \cdot X_2^3 +$$

$$+ 3,4054 \cdot 10^{-4} \cdot X_1 \cdot X_2^2 - 1,6638 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_2^3 - 2,8673 \cdot \exp(0,0005 X_1 X_2)$$

в областях допустимых значений, определенной ограничениями вида

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq X_1 \leq 75, \\ 0 \leq X_2 \leq 65, \\ X_1 \cdot X_2 - 700 \geq 0, \\ X_2 - 5 \cdot \left(\frac{X_1}{25}\right)^2 \geq 0, \\ (X_2 - 50)^2 - 5(X_1 - 55) \geq 0. \end{array} \right.$$

2. Найденная оценка глобального экстремума $\hat{Q} = 6,728$ при $\hat{X}_1 = 45,631$ и $\hat{X}_2 = 51,638$.

Время поиска $t \approx 14$ с.

№ изм.

№ изв.

4463

Инв. № дубликата

Инв. № подлинника

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ изм.	Номера страниц				Номер "Изв. об изм."	Подпись	Дата	Срок введения изменения
	изме- ненных	замене- нных	новых	анну- лиро- ванных				

Изм. № дубликата	
Изм. № подлинника	4463