

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

СБОРНИК
СТАНДАРТНЫХ
И ТИПОВЫХ ПРОГРАММ
ДЛЯ БЭСМ

(Отдельный оттиск)

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва 1960

Ю. Н. ДЕМКОВ и Р. В. СЕНЮКОВ

**ПРОГРАММА РЕШЕНИЯ
СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ ПО МЕТОДУ ИСКЛЮЧЕНИЯ
С ВЫБОРОМ ГЛАВНОГО ЭЛЕМЕНТА**

Программа предназначена для решения системы

$$\begin{aligned} b_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + \dots + a_{1N}x_N, \\ b_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + \dots + a_{2N}x_N, \\ &\dots \\ b_n &= a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n + \dots + a_{nN}x_N. \\ &\dots \\ b_N &= a_{N1}x_1 + a_{N2}x_2 + \dots + a_{Nn}x_n + \dots + a_{NN}x_N; \end{aligned}$$

или в матричной формуле $B = AX$.

Предусмотрена возможность решения усеченной системы для $n \leq N$ неизвестных (которая получается из исходной, если отбросить последние $N - n$ уравнений и положить $x_{n+1} = \dots = x_N = 0$) без предварительной перегруппировки коэффициентов. Максимальный порядок системы равен 30.

Матрица A методом исключения приводится к квазиединичному виду; тогда в столбце свободных членов будут находиться искомые компоненты вектора X . Далее производится перегруппировка этих компонент, и они помещаются в последовательности x_1, x_2, \dots, x_n в ячейках с $0020 \div 0015 + n$.

Данный метод особенно полезен при решении сильно вырожденных систем, а также систем, коэффициенты которых существенно отличаются между собой по порядку величины. По сравнению с обычным методом последовательного исключения уменьшается накопление погрешности и исключается возможность случайного деления на нуль, когда система не вырождена.

Описание блок-схемы программы (рис. 1)

1. $0013 \div 0015$ — вводная часть. Образование вспомогательных констант
2. $0020 \div 0032$ — выбор главного элемента.

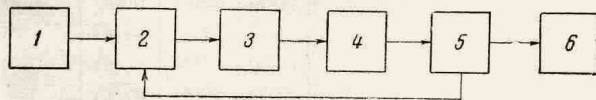


Рис. 1

3. $0033 \div 0030$ — деление главной строки на главный элемент.
4. $0031 \div 0044$ — исключение элементов главного столбца.

5. $0045 \div 0050$ — команды, обеспечивающие повторение n раз операций 2, 3, 4.
6. $0051 \div 0050$ — перегруппировка компонент полученного вектора X .

Распределение ячеек ВЗУ

- $0001 \div 0011$ — не используются (17 ячеек).
- $0012 \div 0015$ — рабочие ячейки (4 ячейки).
- 0016 — $N + 1$ в первом адресе (N — порядок системы).
- 0017 — $n + 1$ в первом адресе (n — порядок усеченной системы).
- $0018 \div 0050$ — программа (67 ячеек).
- $0051 \div 0053$ — не используются (3 ячейки; могут быть использованы для перехода к дальнейшим операциям).
- $0054 \div 0053 + N^2 + N$ — коэффициенты системы
- $0054 + N^2 + N \div 0355$ — не используются
- } (930 ячеек).

Инструкция по использованию программы

1. Программа записывается в ячейки ВЗУ $0018 \div 0050$ (67 ячеек).
2. Коэффициенты системы в виде нормализованных двоичных чисел за-
сылаются в ВЗУ, начиная с ячейки 0054 в последовательности $b_1, a_{11},$
 $a_{12}, \dots, a_{1N}, b_2, a_{21}, \dots, a_{2N}, \dots, b_N, a_{N1}, \dots, a_{NN}$ (допустимо также, если
 $N > 30$, но $nN \leq 900$ — в этом случае конец таблицы коэффициентов не
поместится в ВЗУ, но он и не нужен при решении усеченной системы).
3. В ячейки $0016, 0017$ засылается в первые адреса соответственно
 $N + 1$ и $n + 1$, где N — порядок всей системы, а n — порядок усеченной
системы.
4. Начало программы в ячейке 0013 , после окончания решения системы
машина выполняет команду, находящуюся в ячейке 0051 . Значения неизвест-
ных в виде нормализованных двоичных чисел помещаются в ячейки $0020 \div$
 $\div 0015 + n$ (т. е. на место части самой программы — программа самовосста-
навливающаяся).
5. Программа может работать как на ЦУКе, так и на МУКе.
6. Содержание рабочих ячеек $0012 \div 0015$ перед началом выполнения
программы может быть любым.
7. Программа не содержит обращения к стандартным подпрограммам,
т. е. ячейки $0001 \div 0005$ не используются и в них могут быть записаны
последующие части программы.
8. При решении системы возможен аварийный останов на ячейках 0038,
0049. Останов на ячейке 0038 означает, что система сильно вырождена,
т. е. определитель ее $[A]$ близок или равен нулю. Останов на ячейке 0049
возможен лишь, если коэффициенты системы a_{ij}, b_i очень велики.

ПРОГРАММА РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

№ коман-ды	Код операции	I адрес	II адрес	III адрес	Примечание	
0018	ПЧ	0054	0000	0015	Вспомогательные команды	
0019	:	0054	0042	0054		
0010	×	0054	0015	0048		
0011	—	0054	0048	0000		
0012	<	0054	1081	0054		
0013	, —	0017	1017	0012		
0014	, ×	0012	0016	0014		
0015	←	0014	0000	0014		
0020	000	1110	0000	0042		
0021	000	1019	0000	0038		
0022	000	1017	0000	0048		
0023	∧	0058	0038	0049		
0024	<	0000	0049	0025		
0025	СК	0018	0048	0013		
0026	СК	0013	0049	0027		
0027	000	0000	0000	0000		
0028	<	0015	0042	0023	Выбор главного элемента	
0029	000	0015	0000	0042		
0020	, —	0048	1017	0013		
0021	, +	0049	1017	0014		
0022	000	0038	0000	0015		
0023	, +	0049	1017	0049		
0024	<	0049	0012	0026		
0025	, +	0048	0016	0048		
0030	←	0038	0001	0038		
0031	<	0048	0014	0023		
0032	, +	0058	0015	0058		
0033	←	0013	0056	0015		
0034	СК	0019	0015	0015		
0035	СК	0015	0013	0015		
0036	000	0000	0000	0049		Деление главной строки на главный элемент
0037	СК	0015	0049	0038		
0038	000	0000	0000	0000		
0039	, +	0049	1011	0049		
0030	<	0049	0017	0037		
0031	СК	0018	0014	0038		
0032	СК	0010	0013	0027		
0033	000	0000	0000	0013		
0034	000	1019	0000	0013		
0035	∧	0013	0015	0014		
0040	<	0000	0014	0042	Исключение элементов главного столбца	
0041	СК	0038	0013	0042		
0042	000	0000	0000	0000		
0043	СК	0011	0013	0042		
0044	СК	0042	0014	0049		
0045	←	0049	0056	0048		
0046	СК	0049	0048	0049		
0047	СК	0027	0014	0048		
0048	000	0000	0000	0000		
0049	000	0000	0000	0000		

Окончание программы

№ коман-ды	Код операции	I адрес	II адрес	III адрес	Примечание
0040	, +	0014	1017	0014	Исключение элемента главного столбца
0041	<	0014	0017	0044	
0042	, +	0013	0016	0013	
0043	←	0013	0001	0013	
0044	<	0013	0014	0035	
0045	, +	0057	0012	0057	Возврат
0050	<	0057	1017	0020	
0051	000	0000	0000	0013	
0052	СК	0012	1017	0012	Перегруппировка
0053	СК	0018	1019	0018	
0054	СК	0012	0013	0057	
0055	СК	0018	0013	0058	
0056	, +	0013	0016	0013	
0057	000	0000	0000	0000	
0058	000	0000	0000	0000	
0059	, -	0012	1017	0012	
0050	<	0000	0012	0051	