

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА**

**Вычислительный центр
Трофимов Е. П., Стелина Н. Ю.**

**Стандартная программа вычисления функций
Бесселя (в системе ИП-3)**

**Серия:
Математическое обслуживание
машины «Сетунь»**

**Под общей редакцией В.А.Морозова
Выпуск 29**

**Москва
1970**

Стандартная подпрограмма вычисления функций Бесселя разработана и составлена сотрудниками Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-конструкторского института комплексной автоматизации нефтяной и газовой промышленности («ВНИИКА-НЕФТЕГАЗ») начальником лаборатории теплофизики Е.П.Трофимовым и инженером Н.Ю.Стелиной. В отделе математического обеспечения малых ЭВМ ВЦ МГУ с помощью этой подпрограммы рассчитан ряд тестовых примеров; полученные численные результаты вполне удовлетворительны. Тестовую проверку подпрограммы проводила м.н.с. отдела Н.Н.Кирсанова.

Содержание

§1. Назначение и краткая характеристика подпрограммы.....	4
§2. Описание метода.....	4
§3. Методика пользования подпрограммой.	7
1. Использование памяти.....	7
2. Обращение к подпрограмме.....	8
3. Ввод подпрограммы.....	9
§4. Таблица временных характеристик.	10
Литература.....	11
Приложение I. Подпрограмма вычисления функций Бесселя.....	12
Приложение II. Программа ввода ИП-3 вместе с подпрограммой вычисления функций Бесселя.....	18

§1. Назначение и краткая характеристика подпрограммы.

Подпрограмма «Вычисление функций Бесселя» предназначена для библиотеки стандартных подпрограмм ИП-3.

Подпрограмма позволяет вычислять функции Бесселя первого и второго рода, нулевого и первого порядка, действительного аргумента: J_0, Y_0, J_1, Y_1 .

Так же, как стандартные подпрограммы ИП-3, подпрограмма вычисления функций Бесселя реализует режим плавающей запятой. Характеристика подпрограммы аналогична общей характеристике стандартных подпрограмм ИП-3 [2]. Точность вычисления функций не превосходит $2 \cdot 10^{-6}$ для области изменения аргумента от 10^{-19} до 10^{+19} . При нулевом и отрицательном аргументе происходит аварийный останов по команде 01Y2X.

§2. Описание метода.

Алгоритм подпрограммы использует два вида аппроксимирующих выражений функций для двух областей существования аргумента [1]:

$$J_0(z) = \sum_{k=0}^6 a_k t^{2k}, \quad t = \frac{z}{3}, \quad 0 \leq z \leq 3.$$

$$a_0=1,000\,000$$

$$a_4=0,044\,448$$

$$a_1=-2,250\,000$$

$$a_5=-0,003\,944$$

$$a_2=1,265\,621$$

$$a_6=0,000\,210$$

$$a_3=-0,316\,387$$

$$Y_0(z)=\frac{2}{\pi} \ln \frac{z}{2} J_0(z) + \sum_{k=0}^6 C_k t^{2k}, \quad t=\frac{z}{3}, \quad 0 < z \leq 3.$$

$$c_0=0,367\,467$$

$$c_4=-0,042\,612$$

$$c_1=0,605\,594$$

$$c_5=0,004\,279$$

$$c_2=-0,743\,504$$

$$c_6=-0,000\,248$$

$$c_3=0,253\,001$$

$$J_0(z)=z^{-\frac{1}{2}} f_0(t) \cos[z-\varphi_0(t)],$$

$$Y_0(z)=z^{-\frac{1}{2}} f_0(t) \sin[z-\varphi_0(t)],$$

$$t=\frac{3}{z}, \quad z \geq 3;$$

$$f_0(t)=\sum_{k=0}^6 \alpha_k t^k, \quad \varphi_0(t)=\sum_{k=0}^6 \beta_k t^k.$$

$$\alpha_0=0,797\,885$$

$$\beta_0=0,785\,398$$

$$\alpha_1=-0,000\,001$$

$$\beta_1=0,041\,664$$

$$\alpha_2=-0,005\,527$$

$$\beta_2=0,000\,039$$

$$\alpha_3=-0,000\,095$$

$$\beta_3=-0,002\,626$$

$$\alpha_4=0,001\,372$$

$$\beta_4=0,000\,541$$

$$\alpha_5 = -0,000728$$

$$\beta_5 = 0,000293$$

$$\alpha_6 = 0,000145$$

$$\beta_6 = -0,000136$$

$$J_1(z) = z \sum_{k=0}^6 b_k t^{2k}, \quad t = \frac{z}{3}, \quad 0 \leq z \leq 3.$$

$$b_0 = 0,500000$$

$$b_4 = 0,004433$$

$$b_1 = -0,562500$$

$$b_5 = -0,000318$$

$$b_2 = 0,210936$$

$$b_6 = 0,000011$$

$$b_3 = -0,039543$$

$$Y_1(z) = \frac{2}{\pi} \ln \frac{z}{2} J_1(z) + \frac{1}{z} \sum_{K=0}^6 d_K t^{2K},$$

$$t = \frac{z}{3}, \quad 0 < z \leq 3.$$

$$d_0 = -0,636620$$

$$d_4 = 0,312395$$

$$d_1 = 0,221209$$

$$d_5 = 0,040098$$

$$d_2 = 2,168271$$

$$d_6 = 0,002787$$

$$d_3 = -1,316483$$

$$J_1(z) = z^{-\frac{1}{2}} f_1(t) \sin[z - \varphi_1(t)],$$

$$Y_1(z) = -z^{-\frac{1}{2}} f_1(t) \cos[z - \varphi_1(t)],$$

$$t = \frac{3}{z}, \quad z \geq 3;$$

$$f_1(t) = \sum_{K=0}^6 \gamma_K t^K, \quad \varphi_1(t) = \sum_{K=0}^6 \delta_K t^K$$

$$\gamma_0 = 0,797885$$

$$\delta_0 = 0,785398$$

$$\gamma_1 = 0,000002$$

$$\delta_1 = -0,124996$$

$$\gamma_2 = 0,016597$$

$$\delta_2 = -0,000056$$

$$\gamma_3 = 0,000171$$

$$\delta_3 = 0,006379$$

$$\gamma_4 = -0,002495$$

$$\delta_4 = -0,000743$$

$$\gamma_5 = 0,001137$$

$$\delta_5 = -0,000798$$

$$\gamma_6 = -0,000200$$

$$\delta_6 = 0,000292$$

§3. Методика пользования подпрограммой.

1. Использование памяти.

Подпрограмма счета функций Бесселя располагается в зонах 14÷20 магнитного барабана. При своей работе подпрограмма использует все три зоны оперативной памяти.

Кроме того, при вычислении происходит обращение к стандартным подпрограммам ИП-3: сложению, вычитанию, обратному вычитанию, умножению и делению, извлечению квадратного корня, вычислению синуса и косинуса, а также вычислению натурального логарифма.

2. Обращение к подпрограмме.

В связи с тем, что подпрограмма использует зону Φ_I , обращение к подпрограмме осуществляется обобщенным переходом по обобщенному адресу начала счета функции:

$$\begin{aligned} (x_0): & \text{ Z03Z3; } & (c)+3ea \Rightarrow (F) \\ (x_1): & \text{ ZWY00; } & \text{ БП } \rightarrow \text{ Bx.VI III-3} \\ (x_2): & \text{ 014 \%DELTA_j; } & A_F \end{aligned}$$

где A_F – обобщенный адрес начала счета функции, определяемый следующей таблицей.

№ № п/п	Наименование псевдооперации	Обобщенный адрес начала	Содержа- ние
1.	Функция Бесселя первого рода нулевого порядка.	01413	$J_0(u) \Rightarrow u$
2.	Функция Бесселя второго рода нулевого порядка	01411	$Y_0(u) \Rightarrow u$
3.	Функция Бесселя первого рода первого порядка	01410	$J_1(u) \Rightarrow u$
4.	Функция Бесселя второго рода первого порядка	0141Y	$Y_1(u) \Rightarrow u$

При этом необходимо, чтобы аргумент находился в ячейке u в нормальном представлении (мантисса – в

ячейке Z32, порядок – в ячейке Z4X). Это требование автоматически выполняется, если аргумент был получен с помощью стандартной подпрограммы или был выбран с помощью ИП-3.

Результат вычисления подпрограмма размещает на месте u , сохраняя порядок в P_u .

3. Ввод подпрограммы.

Подпрограмма вводится вместе со всей библиотекой стандартных подпрограмм в системе ИП-3. Программа ввода основана на несколько переработанной программе ввода системы ИП-4 [3].

Ввод производится с фототрансмиттера №I в автоматическом режиме нажатием кнопки «Начальный пуск». При правильном вводе всех зон происходит останов Ω_1 по команде 1442X. При неправильном вводе какой-либо зоны происходит останов Ω_2 по команде 0002X. В этом случае зону несовпадения можно оттянуть назад и продолжить ввод кнопкой «Пуск». Повторные остановки означают несовпадение с контрольной суммой зоны.

§4. Таблица временных характеристик.

$F(z)$	$T_{1,}$ мксек	$T_{2,}$ мксек
J_0	51 480	121 525
Y_0	98 105	121 985
J_1	53 070	122 325
Y_1	129 945	121 885

Здесь:

T_1 – максимальное возможное время счета функции при аргументе $Z \leq 3$.

T_2 – максимальное возможное время счета функции при аргументе $Z > 3$.

Литература.

1. Н.Н.Лозинский, А.Т.Макушкин, В.Я.Розенберг, В.Р.Эрглис, «Справочник программиста», Л., 1964.
2. Жоголев Е.А., Есакова Л.В., Интерпретирующая система ИП-3, вып. 4 данной серии, изд-во МГУ, М., 1964.
3. Г.А.Фурман, Интерпретирующая система для действий с комплексными числами (ИП-4), М., 1964. вып.2 данной серии, изд-во МГУ, М., 1964.

Приложение I. Подпрограмма вычисления функций Бесселя.

Зона МБ 14

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_\phi=1$

$\Pi_\phi=1$

$\overline{W}W \overline{W}X \quad Z \ 1X \ XX \quad [1X] \Rightarrow [\Phi_2]$
 $\overline{W}Y \quad Z \ 4Z \ Y3 \quad (S) \Rightarrow V$
 $\overline{W}Z \ \overline{W}0 \quad Z \ 4Y \ 03$
 $\overline{W}1 \quad Z \ 0Y \ 00$
 $\overline{W}2 \ \overline{W}3 \quad 1 \ 00 \ 1Z$
 $\overline{W}4 \quad 0 \ 1Y \ ZX$
 $X\overline{W} \ XX \quad Z \ 00 \ 4Z$
 $XY \quad Z \ X2 \ 00$
 $XZ \ X0 \quad 0 \ 11 \ \overline{W}4$
 $X1 \quad Z \ 00 \ 3Z$
 $X2 \ X3 \quad 1 \ 2Z \ 30$
 $X4 \quad Z \ 4Z \ Y3$
 $Y\overline{W} \ YX \quad 1 \ 1Z \ 30$
 $YY \quad 1 \ 20 \ XX$
 $YZ \ Y0 \quad 0 \ 2Z \ 00$
 $Y1 \quad Z \ 3X \ 00$
 $Y2 \ Y3 \quad Z \ 2Z \ 00$
 $Y4 \quad 0 \ 1Y \ XY$
 $Z\overline{W} \ ZX \quad 0 \ 11 \ XY$
 $ZY \quad 0 \ \overline{W}W \ 30$
 $ZZ \ Z0 \quad 1 \ 1Z \ Y3$
 $Z1 \quad 0 \ 1Z \ XX$
 $Z2 \ Z3 \quad Z \ 4Z \ Y3$
 $Z4 \quad 1 \ 20 \ 30$
 $0\overline{W} \ 0X \quad 0 \ Z1 \ Y3$
 $0Y \quad 0 \ \overline{W}X \ 00$
 $0Z \ 00 \quad 1 \ Y4 \ 30$
 $01 \quad 1 \ \overline{W}4 \ 3X$

$02 \ 03 \quad 0 \ 2X \ 1X \quad \cup \Pi Z \uparrow^* 7$
 $04 \quad Z \ 2Z \ XX \quad [2Z] \Rightarrow [\Phi_X]$
 $1\overline{W} \ 1X \quad 0 \ 2Y \ 00 \quad \text{БП} \uparrow^* 8$
 $1Y \quad 1 \ \overline{W}1 \ ZX \quad (F) + Z0Y \Rightarrow (F) \uparrow^* Y_1$
 $1Z \ 10 \quad 1 \ Y1 \ ZX \quad (F) + Y_2 \Rightarrow (F) \uparrow^* J_1$
 $11 \quad 1 \ Y0 \ ZX \quad (F) + Y_1 \Rightarrow (F) \uparrow^* Y_0$
 $12 \ 13 \quad 1 \ Y3 \ ZX \quad (F) + Y_3 \Rightarrow (F) \uparrow^* J_0$
 $14 \quad 0 \ 2\overline{W} \ XX$
 $2\overline{W} \ 2X \quad 0 \ 10 \ Y3$
 $2Y \quad 0 \ 2\overline{W} \ X3$
 $2Z \ 20 \quad 0 \ 2X \ XX \quad [2X] \Rightarrow [\Phi_0]$
 $21 \quad 0 \ 04 \ 0X \quad (F) \Rightarrow \Delta$
 $22 \ 23 \quad 1 \ 34 \ 1X \quad \cup \Pi Z \uparrow^* 1$
 $24 \quad 0 \ 0Y \ ZX \quad (F) + 0W4 \Rightarrow (F)$
 $3\overline{W} \ 3X \quad 0 \ \overline{W}X \ 10 \quad \cup \Pi 0 \uparrow^* 2$
 $3Y \quad 1 \ ZX \ 30 \quad A \sin \Rightarrow (S)$
 $3Z \ 30 \quad 1 \ X0 \ Y3 \quad (S) \Rightarrow A \cos$
 $31 \quad 0 \ \overline{W}X \ 00 \quad \text{БП} \uparrow^* 2$
 $32 \ 31 \quad 0 \ 30 \ 00 \quad \text{теп}$
 $34 \quad 1 \ Y4 \ 30 \quad A \text{обр. } \delta_{\text{блч}} \Rightarrow (S) \uparrow^* 1$
 $4\overline{W} \ 4X \quad 1 \ \overline{W}4 \ Y3 \quad (S) \Rightarrow A \delta_{\text{блч}}$
 $4Y \quad 1 \ 04 \ 30$
 $4Z \ 40 \quad 0 \ 2Y \ Y3$
 $41 \quad 0 \ 43 \ ZX \quad (F) + 12W \Rightarrow (F)$
 $42 \ 43 \quad 0 \ \overline{W}X \ 1X \quad \cup \Pi Z \uparrow^* 2$
 $44 \quad 1 \ 3Y \ 00 \quad \text{БП} \uparrow^* 3$
 $KC \quad 0 \ 00 \ 33$
 $Z \ 34 \ ZX$

Зона МБ 2W

Адрес Команда

$\Pi_\phi=1$

WV WX	0 00 2Z	} 2/π
WY	1 W1 2Y	
WZ W0	0 00 2W	} 1/2
W1	Z W W W	
W2 W3	Z 1X XX	[1X] ⇒ [Φ ₂]
W4	1 22 Y3	(S) ⇒ Σ
XW XX	0 W W 30	Z ₁ ⇒ (S)
XY	Z 4Z Y3	(S) ⇒ V
XZ X0	Z 4Y 03	} 13
X1	Z 0Y 00	
X2 X3	1 00 WZ	} z/2 ⇒ u
X4	0 1Z 0X	
YW YX	Z 00 32	} 2nu ⇒ u
YY	Z X2 00	
YZ Y0	0 13 WX	} 2/π · V ⇒ V
Y1	Z 00 4Z	
Y2 Y3	Z 0Y 00	} J ₀ · V ⇒ V
Y4	1 00 W W	
ZW ZX	0 1Z 0X	} J ₀ · V ⇒ V
ZY	Z 00 4Z	
ZZ Z0	Z 0Y 00	} J ₀ · V ⇒ V
Z1	1 00 2Z	
Z2 Z3	0 1Z 0X	} Σ + V ⇒ u
Z4	Z 00 4Z	
0W 0X	Z 0Y 00	} Σ + V ⇒ u
0Y	1 00 2Z	
0Z 00	0 1Y 23	
01	Z 00 32	

Адрес Команда

$\Pi_\phi=1$

02 03	Z 1X X3	[Φ ₂] ⇒ [1X] 10
04	Z 1W XX	[1W] ⇒ [Φ ₂]
1W 1X	Z W0 23	} BbIX0A
1Y	Z 2Y 00	
1Z 10	0 00 00	Θ
11	0 00 00	
12 13	1 2Z Y3	(S) ⇒ J ₁
14	Z 32 30	U ⇒ (S)
2W 2X	1 2Z Y3	(S) ⇒ Σ
2Y	1 X0 00	6π 13
2Z 20	0 00 00	} J ₀ , J ₁
21	0 00 00	
22 23	0 00 00	} C ₀ , Σ
24	0 0Y 33	
3W 3X	0 00 00	} C ₅
3Y	0 31 1X	
3Z 30	0 00 0Z	} C ₄
31	0 WZ 4Y	
32 33	0 00 1Y	} C ₃
34	Z 44 24	
4W 4X	0 00 1Y	} C ₂
4Y	0 Y0 2Z	
4Z 40	0 00 2Y	} C ₁
41	1 04 3Y	
42 43	0 00 11	} C ₀
44	0 YZ 0W	
KC	0 00 0X	
	Z 2Z WZ	

Зона МБ 2X

Адрес Команда

$\Pi_\phi=0$

$\text{WX } Z \ 4X \ 20 \ P_u \Rightarrow (F) \uparrow 2 \}$
 $\text{WY } Z \ 32 \ 30 \ U \Rightarrow (S) \}$ } Z_1
 $\text{WZ } W0 \ 0 \ WW \ Y3 \ (S) \Rightarrow Z_1$
 $\text{W1 } Z \ 4X \ 3X \ (S) - P_u \Rightarrow (S)$
 $\text{W2 } W3 \ 0 \ XX \ 13 \ \text{УП1} \uparrow 4$
 $\text{W4 } 0 \ 1Y \ 2X \ \Omega$
 $\text{XW } XX \ 0 \ 33 \ ZX \ (F) - \text{leA} \Rightarrow (F) \uparrow 4$
 $\text{XY } 1 \ 2Y \ 13 \ \text{УП1} \uparrow 5$
 $\text{XZ } X0 \ Z \ 03 \ Y0 \ \text{CAB.}(S) \text{HA}3 \Rightarrow (S)$
 $\text{X1 } 0 \ WZ \ Y3 \ (S) \Rightarrow \beta_1$
 $\text{X2 } X3 \ Z \ 4X \ Y0 \ \text{CAB.}(S) \text{HA} P_u \Rightarrow (S)$
 $\text{X4 } 1 \ 33 \ 3X \ (S) - 1 \Rightarrow (S)$
 $\text{YW } YX \ 1 \ 2Y \ 13 \ \text{УП1} \uparrow 5$
 $\text{YY } 1 \ 33 \ 33 \ (S) + 1 \Rightarrow (S)$
 $\text{YZ } Y0 \ 0 \ XW \ Y3 \ (S) \Rightarrow \beta_2$
 $\text{Y1 } 0 \ XW \ 40 \ (S) \cdot \beta_2 \Rightarrow (S)$
 $\text{Y2 } Y3 \ 0 \ XZ \ Y3 \ (S) \Rightarrow t^2$
 $\text{Y4 } 0 \ 14 \ 00 \ \text{БП} \uparrow 6$
 $\text{ZW } ZX \ 0 \ WZ \ 40 \ (S) \cdot \beta_1 \Rightarrow (S)$
 $\text{ZY } Z \ WY \ Y0 \ \text{CAB.}(S) \text{HA}1 \Rightarrow (S)$
 $\text{ZZ } Z0 \ 0 \ WX \ Z0 \ P_2 \Rightarrow (F)$
 $\text{Z1 } 0 \ 4X \ 00 \ \text{БП} \uparrow 11$
 $\text{Z2 } Z3 \ Z \ 43 \ Y0 \ \text{CAB.}(S) \text{HA} P_u \Rightarrow (S)$
 $\text{Z4 } Z \ W1 \ Y0 \ \text{CAB.}(S) \text{HA} 1 \Rightarrow (S)$
 $\text{OW } OX \ 0 \ XZ \ Y3 \ (S) \Rightarrow t$
 $\text{OY } 0 \ W4 \ Z0 \ 014 \Rightarrow (F)$
 $\text{OZ } O0 \ 0 \ 04 \ OX \ (F) \Rightarrow \Delta$
 $\text{O1 } 0 \ 34 \ Z0 \ Z23 \Rightarrow (F)$

Адрес Команда

$\Pi_\phi=0$

$02 \ 03 \ 1 \ 00 \ 00 \ \text{БП} \uparrow 14$
 $04 \ 0 \ 00 \ 00 \ \Delta$
 $1W \ 1X \ 1 \ 2Z \ Y3 \ (S) = f_0$
 $1Y \ Z \ Y0 \ Z0 \ 1WY \Rightarrow (F)$
 $1Z \ 10 \ 0 \ 04 \ OX \ (F) = \Delta$
 $11 \ Z \ Y1 \ Z0 \ 0YX \Rightarrow (F)$
 $12 \ 13 \ 0 \ 2Y \ 00 \ \text{БП} \uparrow 8$
 $14 \ Z \ XX \ Z0 \ 0 \Rightarrow (F) \uparrow 6$
 $2W \ 2X \ Z \ 2Y \ XX \ [24] \Rightarrow [\Phi_2] \uparrow 7$
 $2Y \ 0 \ XZ \ 30 \ t \Rightarrow (S) \uparrow 8$
 $2Z \ 20 \ Z \ 22 \ 41 \ (S) \cdot \alpha_0^* \Rightarrow (S) \uparrow 9$
 $21 \ Z \ 3W \ 34 \ (S) + \alpha_3^* \Rightarrow (S)$
 $22 \ 23 \ Z \ 3Z \ 4Y \ \alpha_4^* + (S)t \Rightarrow (S)$
 $24 \ Z \ 32 \ 4Y \ \alpha_3^* + (S)t \Rightarrow (S)$
 $3W \ 3X \ Z \ 4W \ 4Y \ \alpha_2^* + (S)t \Rightarrow (S)$
 $3Y \ Z \ 4Z \ 4Y \ \alpha_1^* + (S)t \Rightarrow (S)$
 $3Z \ 30 \ Z \ 42 \ 4Y \ \alpha_0^* + (S)t \Rightarrow (S)$
 $31 \ 0 \ 04 \ Z0 \ \Delta \Rightarrow (F)$
 $32 \ 33 \ 0 \ 0Z \ 01 \ \text{БП}^*$
 $34 \ Z \ 23 \ Z0 \ 0 \Rightarrow (F)$
 $4W \ 4X \ Z \ 1X \ XX \ [1X] \Rightarrow [\Phi_2] \uparrow 11$
 $4Y \ 7 \ 4X \ OX \ (F) \Rightarrow P_u$
 $4Z \ 40 \ Z \ 4X \ 33 \ P_u + (S) \Rightarrow (S)$
 $41 \ Z \ 32 \ Y3 \ (S) \Rightarrow U$
 $42 \ 43 \ 1 \ 2W \ XX \ [2W] \Rightarrow [\Phi_1]$
 $44 \ 1 \ 03 \ 00 \ \text{БП} \uparrow 10$
 $KC \ 0 \ 00 \ OW$
 $Z \ Y2 \ X2$

Зона МБ 2Z

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_{\phi}=Z$

$\Pi_{\phi}=Z$

WW WX	0 00 00	} α_6
WY	0 01 0W	
WZ WO	0 00 00	} α_5
W1	0 0Z 20	
W2 W3	0 00 00	} α_4
W4	0 10 00	
XW XX	0 00 00	} α_3
XY	0 0Z 33	
XZ XO	0 00 00	} α_2
X1	0 W0 YX	
X2 X3	0 00 00	} α_1
X4	0 00 00	
YW YX	0 00 24	} α_0
YY	Z XX 23	
YZ YO	1 WY 00	} $A\beta_0 - A\alpha_0$
Y1	0 YX 00	
Y2 Y3	0 00 00	
Y4	0 00 00	
ZW ZX	1 2W XX [2W] \Rightarrow [Ф, J] \uparrow 15	
ZY	1 2Z Y3 (S) \Rightarrow J ₀	
ZZ ZO	Z 31 ZO [W4] \Rightarrow (F)	
Z1	0 04 0X (F) \Rightarrow Δ	
Z2 Z3	0 XZ 30 t ² \Rightarrow (S)	
Z4	1 YX 20 Z00 \Rightarrow (F)	
0W 0X	0 20 00 БП \uparrow 9	
0Y	Z ZX 00 БП \uparrow 15	
0Z 00	0 00 00	} β_0
01	0 0Z 10	

02 03	0 00 00	} β_5
04	0 02 Z3	
1W 1X	0 00 00	} β_4
1Y	0 04 W0	
1Z 10	0 00 00	} β_3
11	0 Y1 Y0	
12 13	0 00 00	} β_2
14	0 00 23	
2W 2X	0 00 01	} β_1
2Y	0 33 32	
2Z 20	0 00 23	} β_0
21	1 XW 00	
22 23	0 00 00	} α_6
24	0 01 34	
3W 3X	0 00 00	} α_5
3Y	0 X1 11	
3Z 30	0 00 01	} α_4
31	1 W4 XW	
32 33	0 00 20	} α_3
34	1 33 2X	
4W 4X	0 00 4Y	} α_2
4Y	1 WX YX	
4Z 40	0 0Z 22	} α_1
41	1 YY YY	
42 43	0 00 30	} α_0
44	0 00 00	
EC	0 00 01	
	1 WY 0X	

Зона МБ 2Z

Адрес Команда

$\Pi_{\phi}=Z$

WY WX	0 00 00	} δ_6
WY	0 01 3Y	
WZ W0	0 00 00	} δ_5
W1	0 22 W0	
W2 W3	0 00 00	} δ_4
W4	0 2Y 33	
XX XX	0 00 00	} δ_3
XY	0 0Z 20	
XZ X0	0 00 00	} δ_2
X1	Z XZ 10	
X2 X3	0 00 00	} δ_1
X4	0 00 00	
YW YX	0 00 YW	} δ_0
YY	1 33 1X	
YZ Y0	1 WY 00	
Y1	0 YX 00	$A\delta_0-A\alpha_0$
Y2 Y3	1 20 XX	$[20] \Rightarrow [\phi,]$
Y4	0 WZ 40	$(S) \cdot \beta_1 \Rightarrow (S)$
ZW ZX	1 2Y Y0	$C, D, B, (S) HA 1 \Rightarrow (S)$
ZY	1 2Z Y3	$(S) \Rightarrow J,$
ZZ Z0	Z Y0 Z0	$WY \Rightarrow (F)$
Z1	0 04 0X	$(F) \Rightarrow \Delta$
Z2 Z3	0 XZ 30	$t^2 \Rightarrow (S)$
Z4	1 00 Z0	$Z00 \Rightarrow (F)$
OW OX	0 20 00	$6 \Pi \Gamma 9$
OY	0 00 00	
OZ O0	0 00 00	} δ_6
O1	0 02 Z2	

Адрес Команда

$\Pi_{\phi}=Z$

02 03	0 00 00	} δ_5
04	0 Z4 YZ	
1W 1X	0 00 00	} δ_4
1Y	0 Z4 11	
1Z 10	0 00 00	} δ_3
11	1 WX ZW	
12 13	0 00 00	} δ_2
14	0 00 XX	
2W 2X	0 00 0X	} δ_1
2Y	Z ZZ Z1	
2Z 20	0 00 23	} δ_0
21	1 XW 00	
22 23	0 00 00	} δ_6
24	0 00 1W	
3W 3X	0 00 00	} δ_5
3Y	0 0Y Z3	
3Z 30	0 00 00	} δ_4
31	0 32 1X	
32 33	0 00 0Z	} δ_3
34	0 Y2 W0	
4W 4X	0 00 1X	} δ_2
4Y	Z 1Y 0W	
4Z 40	0 00 Y3	} δ_1
41	Z 4Z 40	
42 43	0 00 2W	} δ_0
44	Z W W W	
KC	0 00 00	
	0 31 YX	

Зона МБ 20

Адрес Команда

$\Pi_\phi=1$

WW	1X	XX	$[1X] \Rightarrow [\Phi_2]$	
WY	Z 32	Y3	$(S) \Rightarrow U$	
WZ	Z 32	Z0	$U \Rightarrow (F)$	
W1	Z 4X	0X	$(F) \Rightarrow P_u$	
W2	W3	0 WW	$Z_1 \Rightarrow (S)$	
W4	1 12	Y3	$(S) \Rightarrow Z_2$	
XW	Z 4Z	Y3	$(S) \Rightarrow V$	
Y	Z 4Y	03	} $V:Z \Rightarrow U$	
XZ	Z 00	32		
X1	0 1Z	WX		
X2	X3	Z 00		32
X4	1 12	30	$Z_2 \Rightarrow (S)$	
YW	YX	Z 4Z	$(S) \Rightarrow V$	
YY	1 04	00	$5\pi \uparrow 12$	
YZ	Y0	1 12	$(S) \Rightarrow Z_2$	
Y1	Z 4Y	03	} $f_0 \cdot U \Rightarrow \beta_3$	
Y2	Y3	Z X2		00
Y4	0 1Z	0X		
ZW	ZX	1 00	WW	
ZY	Z 0Y	00	} $\sqrt{Z} \Rightarrow V$	
ZZ	Z0	1 00		12
Z1	0 10	WX		
Z2	Z3	Z 00	32	
Z4	Z 0Y	00	} $V \cdot \beta_3 \Rightarrow U$	
0W	0X	1 00		WW
0Y	0 1Z	0X		
0Z	00	Z 00	32	
01	1 2W	XX	$[2W] \Rightarrow [\Phi_1]$	

Адрес Команда

$\Pi_\phi=1$

02	03	0 00	00
04	1 12	Z0	$Z_2 \Rightarrow (F) \uparrow 12$
1W	1X	1 23	0X $(F) \Rightarrow P_z$
1Y	1 2Z	30	$J_1 \Rightarrow (S)$
1Z	10	1 23	33 $(S) + P_z \Rightarrow (S)$
11	1 2W	XX	$[2W] \Rightarrow [\Phi_1]$
12	13	0 00	00
14	0 00	00	} Z_2
2W	2X	0 00	
2Y	0 01	00	ten
2Z	20	0 00	00
21	0 00	00	} J_1
22	23	0 00	
24	0 20	3W	} d_6
3W	3X	0 00	
3Y	0 YY	Z3	} d_5
3Z	30	0 00	
31	1 3Y	XW	} d_4
32	33	0 00	
34	1 33	W1	} d_3
4W	4X	0 01	
4Y	Z XX	02	} d_2
4Z	40	0 00	
41	0 Z2	31	} d_1
42	43	0 00	
44	Z 4Z	13	} d_0
KC	0 00	01	
	Z 4Z	40	

Приложение II. Программа ввода ИП-3 вместе с подпрограммой вычисления функций Бесселя.
Зона ввода.

Адрес Команда	Адрес Команда
$\Pi_\phi=0$	$\Pi_\phi=0$
WV WX 0 Z4 ZX $\{F\}+3eA \Rightarrow \{F\} \uparrow 2$	02 03 0 00 Z0 $-45eA \Rightarrow \{F\}$
WY 0 Z1 0X $\{F\} \Rightarrow \delta_1$	04 0 Z1 0X $\{F\} \Rightarrow \delta_1$
WZ W0 0 Z3 Z0 $\delta_2 \Rightarrow \{F\}$	1W 1X 0 0Y Z0 $-14eA \Rightarrow \{F\}$
W1 0 33 ZX $\{F\}+1eA \Rightarrow \{F\}$	1Y 0 Z3 0X $\{F\} \Rightarrow \delta_2 \uparrow 3$
W2 WS 0 1Y 1X $\psi \uparrow 2 \uparrow 3$	1Z 10 0 Z3 Z0 $\delta_2 \Rightarrow \{F\} \uparrow 1$
W4 Z 1X XX $[\Phi_1] \Rightarrow [\Phi_2]$	11 1 01 X0 $[880D] \Rightarrow [\Phi_1]$
XW XX 1 44 ZX α	12 13 1 21 X4 $[\Phi_1] \Rightarrow [M^*]$
XY 0 00 00	14 1 21 XY $[M^*] \Rightarrow [\Phi_1]$
XZ X0 0 00 00	2W 2X 0 11 Y0 $0 \Rightarrow (S)$
X1 0 00 00	2Y 0 ZW Y3 $(S) \Rightarrow \alpha$
X2 X3 0 00 00	2Z 20 0 0X Z0 $-81eA \Rightarrow (S)$
X4 0 00 00	21 Z WX 31 $0_i^* \Rightarrow (S) \uparrow 4$
YW YX 0 00 00	22 23 0 Z0 Y0 $CDB.(S)HA -9 \Rightarrow (S)$
YY 0 00 00	24 0 ZW 33 $(S) \Rightarrow \alpha \Rightarrow (S)$
YZ Y0 0 00 00	3W 3X 0 ZW Y3 $(S) \Rightarrow \alpha$
Y1 0 00 00	3Y 0 Z4 ZX $\{F\}+3eA \Rightarrow \{F\}$
Y2 Y3 0 00 00	3Z 30 0 21 1X $\psi \uparrow 2 \uparrow 4$
Y4 0 00 00	31 0 4X 13 $\psi \uparrow 1 \uparrow 5$
ZW ZX 0 00 00 } α	32 33 0 01 Z0 $-80eA \Rightarrow \{F\}$
ZY 0 00 00	34 0 21 00 $8\pi \uparrow 4$
ZZ Z0 0 Z0 00 $-9eA$	4W 4X 0 Z1 Z0 $\delta_1 \Rightarrow \{F\} \uparrow 5$
Z1 0 00 00 δ_1	4Y Z 1W 3Y $(S) - KC_i^* \Rightarrow (S)$
Z2 Z3 0 00 00 δ_2	4Z 40 0 WX 10 $\psi \uparrow 0 \uparrow 2$
Z4 0 03 00 $3eA$	41 0 00 2X α
0W 0X Z 00 00 $-81eA$	42 43 0 10 00 $8\pi \uparrow 1$
0Y 0 Y4 00 $-14eA$	44 0 00 00
0Z 00 Z 40 00 $-45eA$	KC 0 00 00
01 Z 01 X0 $[880D] \Rightarrow [\Phi_2]$	Z XW 0Y

Зона контрольных сумм.

Адрес Команда

$\Pi_{\phi}=Z$

W _W WX	0 00 Z ₂	} KC [1W]
WY	Z X ₃ 4Z	
WZ W ₀	0 00 Z ₂	} KC [1X]
W ₁	0 W ₀ XZ	
W ₂ W ₃	0 00 Z ₀	} KC [1Y]
W ₄	1 W ₀ 3 ₁	
XW XX	0 00 Z ₃	} KC [1Z]
XY	0 14 24	
XZ X ₀	0 00 Z ₄	} KC [10]
X ₁	Z Y ₃ 04	
X ₂ X ₃	0 00 Z ₄	} KC [11]
X ₄	1 X ₂ Z ₃	
YW YX	0 00 0W	} KC [12]
YY	0 4Z 4Y	
YZ Y ₀	0 00 0W	} KC [13]
Y ₁	1 3Z 0 ₁	
Y ₂ Y ₃	0 00 0 ₃	} KC [14]
Y ₄	Z 34 Z _X	
ZW ZX	0 00 0X	} KC [2W]
ZY	Z 2Z WZ	
ZZ Z ₀	0 00 0W	} KC [2X]
Z ₁	Z Y ₂ X ₂	
Z ₂ Z ₃	0 00 0 ₁	} KC [2Y]
Z ₄	1 WY 0X	
0W 0X	0 00 00	} KC [2Z]
0Y	0 3 ₁ YX	
0Z 00	0 00 0 ₁	} KC [20]
0 ₁	Z 4Z 40	

Адрес Команда

$\Pi_{\phi}=Z$

02 03	0 00 00
04	0 00 00
1W 1X	0 00 00
1Y	0 00 00
1Z 10	0 00 00
11	0 00 00
12 13	0 00 00
14	0 00 00
2W 2X	0 00 00
2Y	0 00 00
2Z 20	0 00 00
21	0 00 00
22 23	0 00 00
24	0 00 00
3W 3X	0 00 00
3Y	0 00 00
3Z 30	0 00 00
31	0 00 00
32 33	0 00 00
34	0 00 00
4W 4X	0 00 00
4Y	0 00 00
4Z 40	0 00 00
41	0 00 00
42 43	0 00 00
44	0 00 00
KC	0 00 0Z
	1 Z4 XZ

Серия: «Математическое обслуживание машины «Сетунь».

Выпуск 1.

Жоголев Е.А. ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МАШИНЫ «СЕТУНЬ».

Выпуск 2.

Фурман Г.А. ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДЕЙСТВИЙ С КОМПЛЕКСНЫМИ ЧИСЛАМИ (ИП-4).

Выпуск 3.

Франк Л.С., Рамиль Альварес Х. ПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ ДЛЯ ИП-2. Уточнение к выпуску 3 опубликовано в выпуске 19.

Выпуск 4.

Жоголев Е.А., Есакова Л.В. ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ИП-3. Поправка к выпуску 4 опубликована в выпуске 9.

Выпуск 5.

Фурман Г.А. ПОДПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ ВСЕХ КОРНЕЙ МНОГОЧЛЕНА ДЛЯ ИП-4.

Выпуск 6.

Прохорова Г.В. ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДЕЙСТВИЙ С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ (ИП-5). Изменение к выпуску 6 опубликовано в выпуске 11.

Выпуск 7.

Гордонова В.И. ТИПОВАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА КОРРЕЛЯЦИОННЫХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ.

Выпуск 8.

Бондаренко Н.В. СИСТЕМА ПОДПРОГРАММ ВВОДА И ВЫВОДА АЛФАВИТНО - ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ИП-3.

Выпуск 9.

Черепенникова Ю.Н. НАБОР ПОДПРОГРАММ ДЛЯ ВВОДА И ВЫВОДА ЧИСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ ИП-2.

Выпуск 10.

Жоголев Е.А., Лебедева Н.Б. СИШОЛИЗ 64 – ЯЗЫК ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В СИМВОЛИЧЕСКИХ ОБОЗНАЧЕНИЯХ.

Выпуск 11.

Прохорова Л.В. ПОДПРОГРАММЫ ВВОДА И ВЫВОДА ЧИСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ИП-5. изменение к выпуску 11 опубликовано в выпуске 17.

Выпуск 12.

Черепенникова Ю.Н. СТАНДАРТНАЯ ПОДПРОГРАММА ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ (В СИСТЕМЕ ИП-2).

Выпуск 13.

Лебедева Н.Б., Рамиль Альварес Х. ИНСТРУКЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ ПОЛИЗ.

Выпуск 14.

Черепенникова Ю.Н. ПОДПРОГРАММЫ ВВОДА И ВЫВОДА ЧИСЕЛ В СИСТЕМЕ ИП-4.

Выпуск 15.

Федорченко В.Е. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОМЕРНЫХ ПСЕВДО-СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ НА МАШИНЕ «СЕТУНЬ».

Выпуск 16.

Черепенникова Ю.Н. ТИПОВАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ.

Выпуск 17.

Гордонова В.И. СТАНДАРТНАЯ ПОДПРОГРАММА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ И СОБСТВЕННЫХ ВЕКТОРОВ ВЕЩЕСТВЕННОЙ МАТРИЦЫ, ИМЕЮЩЕЙ ТОЛЬКО ВЕЩЕСТВЕННЫЕ СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ (в системе ИП-3).

Выпуск 18.

Титакаева П.Т. СТАНДАРТНАЯ ПОДПРОГРАММА RKG РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В СИСТЕМЕ ИП-3.

Выпуск 19.

Жоголев Е.А. ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ИП-2.

Выпуск 20.

Черепенникова Ю.Н. СТАНДАРТНАЯ ПОДПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ ОПРЕДЕЛИТЕЛЯ (в системе ИП-2).

Выпуск 21.

Гордонова В.И. ТИПОВАЯ ПРОГРАММА РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ С СИММЕТРИЧНОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНО ОПРЕДЕЛЕННОЙ МАТРИЦЕЙ МЕТОДОМ КВАДРАТНОГО КОРНЯ (ЛАУСК).

Выпуск 22.

Титакаева П.Л. СТАНДАРТНАЯ ПОДПРОГРАММА GI ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ В СИСТЕМЕ ИП-3.

Выпуск 23.

Гойхман Г.Я. СТАНДАРТНАЯ ПРОГРАММА ОБРАЩЕНИЯ МАТРИЦЫ МЕТОДОМ ОКАЙМЛЕНИЯ (в системе ИП-3).

Выпуск 24.

Дрейер А.А., Черепенникова Ю.Н. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ЭЦВМ „СЕТУНЬ“.

Выпуск 25.

Жоголев Е.А., Есакова Л.В. ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ИП-3 (издание второе, исправленное).

Выпуск 26.

Жоголев Е.А., Титакаева П.Т. СТАНДАРТНАЯ ПОДПРОГРАММА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ПЛАВАЮЩИХ МАСШТАБОВ (в системе ИП-2).

Выпуск 27.

Гойхман Г.Я., Гордонова В.Н., ПРОГРАММЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ И СОБСТВЕННЫХ ВЕКТОРОВ СИММЕТРИЧНОЙ МАТРИЦЫ В РЕЖИМЕ ФИКСИРОВАННОЙ ЗАПЯТОЙ.

Выпуск 28.

Лисицына М.Н., ПОДПРОГРАММА ДЛЯ ИНТЕРПОЛЯЦИИ И ВЫЧИСЛЕНИЯ ПЕРВЫХ И ВТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФУНКЦИЙ ОДНОГО ПЕРЕМЕННОГО, ЗАДАННЫХ ТАБЛИЧНО (в системе ИП-3).