

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

**Вычислительный центр
Г. В. ПРОХОРОВА**

**Интерпретирующая система
для действий с повышенной
точностью (ИП-5)**

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

**Под общей редакцией Е. А. ЖОГОЛЕВА
Выпуск 6**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА 1964**

Содержание

Введение.....	3
§1. Интерпретирующая программа ИП-5.....	4
§2. Общая характеристика стандартных подпрограмм в системе ИП-5.....	15
§3. Подпрограмма для выполнения нормализации.....	20
§4. Подпрограмма для выполнения действий типа сложения.....	21
§5. Подпрограмма для выполнения умножения.....	23
§6. Подпрограмма для выполнения деления.....	24
§7. Подпрограмма извлечения квадратного корня.....	33
§8. Подпрограмма вычисления функций $\sin u$ $\cos u$	38
§9. Подпрограмма вычисления функции e^u	41
§10. Подпрограмма вычисления функции $\ln u$	43
§11. Подпрограмма денормализации.....	46
§12. Блок ИП-5 «Сдвиг U на P_u ».....	47
§13. Блок ИП-5 «Схема Горнера».....	47
Цитированная литература.....	49
Приложение. ИП-5 с библиотекой подпрограмм.....	50

Введение .

Настоящая работа выполнена как часть системы математического обслуживания для машины «Сетунь». Она посвящена созданию интерпретирующей системы ИП-5, предназначенной для действий над числами с повышенной точностью (представленными примерно, с 12-ю верными десятичными знаками).

Интерпретирующая система ИП-5 состоит из интерпретирующей программы (ИП-5) и набора стандартных подпрограмм для выполнения основных арифметических действий и вычисления элементарных функций.

ИП-5 составлена по аналогии с ИП-2, подробно описанной в [1]. В данной работе по ИП-5 подробно описаны лишь её специфические особенности, а функции и возможности ИП-5, общие с ИП-2, здесь либо напоминаются, либо описаны кратко.

Интерпретирующая система ИП-5 реализует действия над числами, каждое из которых представляется двумя длинными машинными словами (одно короткое слово представляет порядок числа, а три других коротких слова – мантиссу).

Каждое число x_i , представленное в системе плавающей запятой, имеет вид:

$$x_i = X_i \cdot 3^P x_i \quad (0.1)$$

где P_{x_i} ; является пятиразрядным троичным кодом, рассматриваемым как целое число, а X_i – 27-ми разрядным троичным кодом, рассматриваемым в качестве числа с фиксированной запятой и помещаемым в трех коротких ячейках, следующих за короткой ячейкой для P_{x_i} . Величины P_{x_i} и X_i , относящиеся к одному и тому же числу x_i , должны обязательно располагаться в двух последовательных длинных ячейках и в одной и той же зоне магнитного барабана.

Число x_i считается нормализованным, если выполняются соотношения:

$$\left. \begin{array}{l} 0,5 < |X_i| < 1,5, |P| \leq 40, \text{ при } x_i \neq 40 \\ X_i = 0, P_{x_i} = -40, \text{ при } x_i = 0 \end{array} \right\}.$$

Относительно каждой стандартной подпрограммы даны описание алгоритма, абсолютная погрешность результата и время её выполнения.

В приложении к работе даны все подпрограммы в командах с комментариями.

§1. Интерпретирующая программа ИП-5.

При работе интерпретирующей программы магнитный барабан рассматривается фактически в качестве оперативной памяти. Для указания места расположения кодов на магнитном барабана вводятся обобщенные адреса A_j , являющиеся девятиразрядными троичными ко-

дами. Каждый из этих адресов имеет следующую структуру:

$$A_j = P_{\phi_j} M_j \Delta_j,$$

где Δ_j является номером строки зоны M_j магнитного барабана при $P_{\phi_j}=0$ и $M_j=0$,

Интерпретирующая программа ИП-5 размещена в 3-х зонах магнитного барабана и выполняет следующие функции:

1) «основная зона» реализует обращение к стандартным подпрограммам и, как частный случай этого, производит пересылку информации с одного места памяти на другое;

2) «дополнительная зона» расшифровывает обобщенный адрес; в ней же находится подпрограмма «нормализация», о назначении которой будет сказано несколько позже;

3) «зона переходов» производит передачу управления по обобщенному адресу (обобщенный переход), продолжает выполнение линейных (без передач управления) кусков программы при переходе от одной зоны программы к следующей.

В оперативной памяти постоянно хранится «основная зона» интерпретирующей программы ИП-5. Зоны оперативной памяти выполняют следующие функции:

- зона Φ_0 служит местом, на которое считывается зона информации, требующаяся в процессе выполнения программы, а также местом для выполнения ряда стандартных подпрограмм; кроме того, в Φ_0 считывается «дополнительная зона» ИП-5;

- зона Φ_1 служит местом для выполнения очередной зоны основной программы;

- зона Φ_z служит местом для размещения «основной зоны» ИП-5 вместе с её рабочими ячейками.

Все стандартные подпрограммы, основная программа и информация, необходимая для её выполнения, хранятся полностью на машинном барабане и вызываются в оперативную память по мере надобности.

При обращении к стандартным подпрограммам задаются обобщенные адреса аргумента и результата, а также обобщенный адрес начала подпрограммы. Результат выполнения какой-либо подпрограммы представляется в нормализованном виде. При обобщенном переходе задается обобщенный адрес A_j того места основной программы, в которое требуется передать управление. Обобщенные адреса начала подпрограммы и A_j при обобщенном переходе относятся к коротким словам. В качестве обобщенного адреса величины X_i указывается обобщенный адрес первой из двух длинных ячеек, предназначенных для хранения этой величины. Для продолжения выполнения линейных кусков программы никакой информации не требуется, так как после выполнения последней команды зоны Φ_1 , т.е. послед-

ней команды зоны основной программы, расположенной в оперативной памяти, управление автоматически перейдет первой команде зоны Φ_z , т.е. первой команде ИП-5, которая осуществляет передачу управления первой команде следующей зоны основной программы.

Интерпретирующая программа каждый раз запоминает номера зон магнитного барабана M_0 и M_1 , содержимое которых в данный момент вызвано в оперативную память соответственно на место зон Φ_0 и Φ_1 .

Внутри «основной зоны» ИП-5 имеются рабочие ячейки, в которых, в частности, могут храниться две величины u и v , представленные вышеуказанным образом в системе плавающей запятой, номер M_0 зоны магнитного барабана, вызванной в данный момент в зону Φ_0 оперативной памяти, и константы, наиболее употребительные при программировании.

Для расшифровки обобщенного адреса происходит вызов «дополнительной зоны», хранящейся в зоне IV магнитного барабана, в зону Φ_0 . После выполнения своих функций «дополнительная зона» передает управление опять на «основную зону».

Для реализации обобщенного перехода или «продолжения» линейных кусков программы происходит запоминание «основной зоны» ИП-5 вместе с содержимым рабочих ячеек в зоне IX магнитного барабана, а на её место вызывается «зона переходов», хранящаяся в зоне 1W магнитного барабана. Внутри неё тоже имеют-

ся также рабочие ячейки, в которых, в частности, запоминается номер M_1 зоны основной программы, вызванной в зону Φ_1 оперативной памяти. После выполнения своих функций «зона переходов» ИП-5 записывает своё состояние в зону 1W магнитного барабана и восстанавливает в оперативной памяти состояние «основной зоны» ИП-5.

Обращение к стандартным подпрограммам в самом общем случае имеет следующий вид:

$$\begin{array}{ll}
 (x_0): & Z4303 \quad (c) \Rightarrow (\alpha) \\
 (x_1): & ZZ300 \quad БП \overset{\Gamma}{\rightarrow} Bx.I ИП-5 \\
 (x_2): & П_{\phi x} M_x \Delta_x \\
 (x_3): & П_{\phi f} M_f \Delta_f \\
 (x_4): & П_{\phi y} M_y \Delta_y
 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \end{array}} \right\} F(x) \Rightarrow y;$$

Здесь (x_0) и (x_1) производят обращение к ИП-5 (α – рабочая ячейка ИП-5), (x_2) , (x_3) , (x_4) определяют некоторую псевдокоманду типа $f(x) \Rightarrow y$, которую должна выполнить ИП-5.

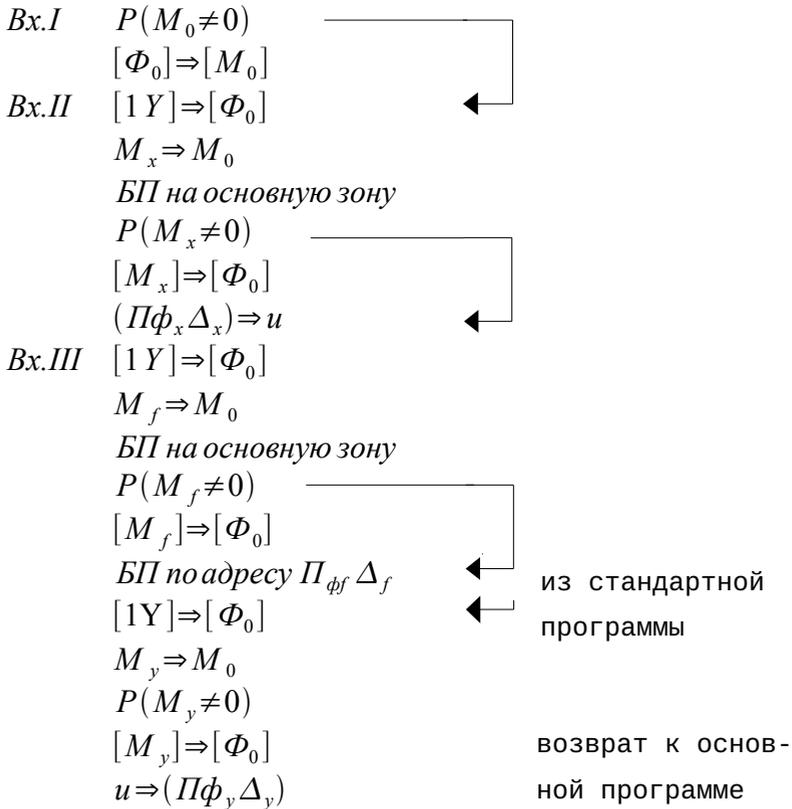
При этом:

$A_x = П_{\phi x} M_x \Delta_x$ – обобщенный адрес аргумента,

$A_f = П_{\phi f} M_f \Delta_f$ – обобщенный адрес начала подпрограммы,

$A_w = П_{\phi w} M_w \Delta_w$ – обобщенный адрес результата.

Работа интерпретирующей программы ИП-5 в этом случае может быть описана следующей схемой (подробно по командам ИП-5 приведена в приложении).



Здесь запись (δ) следует понимать как число, представленное в системе с плавающей запятой в форме $(0, 1)$ и хранящееся по обобщенному адресу δ .

Из этой схемы видно, что в качестве аргумента каждой стандартной подпрограммы, является величина

и; результат выполнения этой подпрограммы посылается на место величины u . С величиной v стандартная подпрограмма может оперировать, используя её в качестве второго аргумента или второго результата.

Величины u и v имеют соответственно обобщенные адреса:

$$Z\ 00\ 3Z\ \text{и}\ Z\ 00\ 4W .$$

При обращении к стандартной подпрограмме в общем случае требуется семь обращений к магнитному барабану.

Обращений к магнитному барабану будет меньше, если обобщенные адреса A_j относятся к оперативной памяти ($M_j=0$).

С помощью обращения к стандартным подпрограммам можно осуществить пересылку вида $x \Rightarrow y$, если положить

$$A_j = Z\ 00\ WI ,$$

что означает передачу управления блоку $Vx.IV$ ИП-5.

В ряде случаев можно избежать работы некоторых блоков ИП-5, если воспользоваться дополнительными сведениями о размещении информации в оперативной памяти, а также могут быть изменены или опущены некоторые строчки в обращении к стандартным подпрограммам.

1. Если известно, что состояние зоны Ф0 не нужно или не обязательно запоминать на магнитном барабане, то работа блока Вх.І ИП-5 можно избежать. Для этого строку (x_1) обращения к стандартным подпрограммам следует заменить строкой вида:

$$(x_1): Z 0Y 00 \text{ БП}^{\rightarrow} \text{ Вх.ІІ ИП} - 5 .$$

2. Если известно, что аргумент уже находится на месте величины u , то можно избежать работы блока Вх.ІІ ИП-5. Тогда обращение к стандартным подпрограммам имеет вид:

$$\begin{array}{l} (x_0): Z 43 03 \quad (c) \Rightarrow (\alpha) \\ (x_1): Z 10 00 \quad \text{БП}^{\rightarrow} \text{ Вх.ІІІ ИП} - 5 \\ \left. \begin{array}{l} (x_2): A_f \\ (x_3): A_y \end{array} \right\} F(u) \Rightarrow y; \end{array}$$

3. Пересылку вида $u \Rightarrow y$ можно осуществить с помощью следующего обращения:

$$\begin{array}{l} (x_0): Z 43 03 \quad (c) \Rightarrow (\alpha) \\ (x_1): Z W1 00 \quad \text{БП}^{\rightarrow} \text{ Вх.ІV ИП} - 5 \\ (x_2): ПФ_y M_y \Delta_y \quad A_y \end{array}$$

Для выполнения обобщенного перехода требуется написать следующие три строки:

$(x_0): Z 1X Z3 (c)+3 e^A \Rightarrow (F)$

$(x_1): Z W1 00 \text{ БП}^{\Gamma} \text{ Вх.IV ИП} -5$

$(x_2): 0 M_j \Delta_j A_j$

где $A_j=0M_j\Delta_j$ – обобщенный адрес команды, с которой нужно продолжить дальнейшее выполнение программы. При осуществлении обобщенного перехода в регистре S формируется обобщенный адрес $A_{xi}=0M_1A_{x_3}$, являющийся обобщенным адресом строки, следующей за данным обобщенным переходом. Этот обобщенный адрес может непосредственно использоваться для образования обратной связи.

Обобщенный переход может использоваться и для обращения к стандартным подпрограммам. В этом случае в строках (x_3) и (x_4) и т.д., следующих за обобщенным переходом, может задаваться информация, необходимая для работы соответствующей подпрограммы. Для «извлечения» этой информации имеется стандартная подпрограмма, расположенная в «зоне переходов» ИП-5, обращение к которой производится следующим образом:

$(v_0): Z 43 03 (c) \Rightarrow (\alpha)$

$(v_1): Z 10 00 \text{ БП}^{\Gamma} \text{ Вх.III ИП} -5$

$(v_2): 0 1W 20 A_{\text{Вх.VII}}$

Данная подпрограмма производит засылку в регистр S очередной «извлекаемой» строки (A_{xi}), где $A_{xi} = OM_{xi} A_i$, на место величины A_{xi} – обобщенный адрес следующей строки:

$$(OM_{x_{i+1}} A_{x_{i+1}} \Rightarrow A_{x_i}) .$$

Последующие обращения к данной подпрограмме, если они не разделяются другими обращениями к ИП-5, можно производить с помощью двух следующих строк:

$$(v_0): Z 43 03 (c) \Rightarrow (\alpha)$$

$$(v_1): Z 20 00 БП \xrightarrow{r} Вх.VII$$

После «извлечения» всех строк информации величина A_{xi} , хранящаяся в ячейке 0 0X (с обобщенным адресом 0 1W 0X), по-прежнему будет обозначать обобщенный адрес команды основной программы, к которой нужно вернуться по окончании работы подпрограммы, указанной при обобщенном переходе.

С помощью обращения (1.1) вышеуказанным способом можно перенести информацию при обобщенном переходе из одной зоны основной программы в другую. При этом перед обращением (1.1) при необходимости нужно записать содержимое зоны Φ_0 на своё место на магнитном барабане.

Схема работы ИП-5 при реализации обобщенного перехода, а также соответствующее время совпадает с аналогичной схемой и временем для ИП-2. (см. [1]). В интерпретирующей программе ИП-5 и во всех стандартных подпрограммах введены следующие обозначения:

P_u есть порядок величины u ;

U_1, U_2, U_3 суть соответственно первая, вторая, третья девятиразрядные, составные части кода мантиссы U , рассматриваемые как длинные слова.

U_I есть сумма $(U_1 + U_2 \cdot 3^{-9})$, рассматриваемая как длинное слово;

U_{II} есть сумма $(U_2 + U_3 \cdot 3^{-9})$, рассматриваемая как длинное слово.

Аналогично введены обозначения для величины v : $P_v, V_1, V_2, V_3, V_I, V_{II}$.

В «основной зоне» ИП-5 есть наиболее употребительные константы, которые можно использовать в основной программе. Они перечислены в следующей таблице:

Адрес ячейки	Содержимое ячейки	Примечание
Z 0Z	0 1Y XX	$7l_A$
Z 01	0 01 00	$l_A; 1/27$
Z 1X	0 03 31	$3l_A$
Z 11	Z 00 00	$-81l_A; -3$

Адрес ячейки	Содержимое ячейки	Примечание
Z 13	0 00 01	$l_F; 3^{-7}$
Z 14	0 0Y 00	$-2l_A; -2/27$
Z 2X	0 00 00	0
Z 2Y	0 30 00	$27l_A; 1$
Z 2W	0 00 00 0 30 00	$\left. \vphantom{\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}} \right\} 3^{-9};$
Z 20	0 10 00	$9l_A; 1/3$
Z 21	0 X0 00	$-27l_A; -1$
Z 24	0 0X 00	$-3l_A; -1/9$

§2 Общая характеристика стандартных подпрограмм в системе ИП-5.

Все подпрограммы рассчитаны на работу с величинами с плавающей запятой. Основным аргументом стандартной подпрограммы является нормализованная величина $u=U \cdot 3^{P_u}$, хранящаяся внутри интерпретирующей программы ИП-5 (величина U – в ячейках Z 31, Z 32, а величина P_u – в ячейке Z 30). Основным результатом выдается всегда также в нормализованной форме и помещается в те же ячейки на место величины U . Кроме того, некоторые подпрограммы используют величину $v=V \cdot 3^{P_v}$ в качестве второго аргумента. Эта величина также хранится внутри ИП-5 (величина V – в ячейках Z 4Y, Z 4Z, а величина P_v – в ячейке Z 4X). Значение величины V в системе ИП-5 не сохраняется

только при выполнении операций типа сложения и при делении. В остальных случаях V сохраняется.

Если нужно обратиться к вычислению функции от двух аргументов $f(x_2, x_1) \Rightarrow y$, то сначала один аргумент засылается на место величины V, а потом записываются команды обращения к стандартной подпрограмме, где указывается обобщенный адрес другого аргумента. Это обращение имеет вид:

- $(x_0): Z 43 03 \quad (c) \Rightarrow (\alpha)$
 $(x_1): Z Z3 00 \quad БП \overset{\uparrow}{V} Bx.I \text{ (или } Bx.II) ИП-5$
 $(x_2): П_{\phi_{x_1}} M_{x_1} \Delta_{x_1} A_{x_1}$
 $(x_3): Z 00 W1 \quad A_{Bx.IV}$
 $(x_4): Z 00 4W \quad A_v$
 $(x_5): Z 0Y 00 \quad БП \overset{\uparrow}{V} Bx.II ИП-5$
 $(x_6): П_{\phi_{x_2}} M_{x_2} \Delta_{x_2} A_{x_2}$
 $(x_7): П_{\phi_f} M_f \Delta_f A_f$
 $(x_8): П_{\phi_y} M_y \Delta_y A_y$

Если у результата после нормализации $P_u < -40$ то полагается $U=0$, $P_u = -40$, если же $P_u > 40$, то происходит предупредительный останов Ω_0 по команде $Z 44 2X$, хранящейся в ячейке 023. При нажатии кнопки «пуск» после останова в регистр R посылается величина M_0 , хранящаяся внутри ИП-5 и равная номеру зоны магнитного барабана, из которой вызвана данная стандартная подпрограмма. Останов предупреждает о том, что

при дальнейших вычислениях возможно переполнение, но этот останов можно игнорировать и продолжить вычисления нажатием кнопки «пуск».

Библиотека стандартных подпрограмм для действий с повышенной точностью занимает 17 зон магнитного барабана (с 1Z по 3X) без ИП-5 и характеризуется таблицей:

Номер п/п	Операция, реализуемая подпрограммой	Обобщенный адрес начала	Действия, выполняемые подпрограммой
1.	Нормализация	0 1Y W0	<i>Норм.</i> $u \Rightarrow u$
2.	Сложение	0 1Z W3	$u + v \Rightarrow u$
3.	Вычитание	0 10 Y4	$u - v \Rightarrow u$
4.	Вычитание модулей	0 10 0Y	$ u - v \Rightarrow u$
5.	Обратное сложение	0 10 X4	$-u - v \Rightarrow u$
6.	Обратное вычитание	0 10 W3	$-u + v \Rightarrow u$
7.	Умножение	0 11 W0	$u \times v \Rightarrow u$
8.	Деление	0 12 1Y	$u / v \Rightarrow u$;
9.	Извлечение квадратного корня	0 14 W0	$\sqrt{u} \Rightarrow u$
10.	Вычисление синуса	0 2X YY	$\sin u \Rightarrow u$
11.	Вычисление косинуса	0 2X X4	$\cos u \Rightarrow u$
12.	Вычисление экспоненты	0 2Z W0	$e^u \Rightarrow u$

Номер п/п	Операция, реализуемая подпрограммой	Обобщенный адрес начала	Действия, выполняемые подпрограммой
13.	Вычисление натурального логарифма	0 21 W0	$\ln u \Rightarrow u$
14.	Денормализация	0 24 X0	$C_{дв} U \text{ на } P_u \Rightarrow U$

При использовании указанных псевдоопераций могут возникнуть случаи, когда заданную псевдооперацию нельзя выполнить (в пределах описанной программы) над какими-либо аргументами. В этих случаях происходят аварийные остановы:

- 1) останов Ω_1 означает, что требуется выполнить деление на нуль;
- 2) останов Ω_2 означает, что требуется вычислить квадратный корень из отрицательного числа;
- 3) останов Ω_3 означает, что требуется вычислить экспоненту при $U > \frac{1}{2} \cdot 3^5$;
- 4) останов Ω_4 означает, что требуется вычислить $\ln u$ при $u \leq 0$.

Стандартные подпрограммы могут использовать в качестве рабочих некоторые ячейки оперативной памяти, в которых хранились их собственные уже выполненные команды. Поэтому такие подпрограммы после своего выполнения будут иметь в оперативной памяти состояние, отличное от первоначального (хранящегося

на магнитном барабане) и для повторного обращения к ним необходим их вызов с магнитного барабана.

В зоны стандартных подпрограмм на свободные места помещены константы – числа в представлении, принятом ИП-5. Над этими константами можно производить все операции в режиме ИП-5, задавая их обобщенные адреса. Эти константы указаны в следующей таблице:

Обобщенный адрес	Константа
0 10 2Z	-1
0 10 3W	1/2
0 10 3Z	1
0 10 4Z	2
0 2W 2W	0
0 2Z 3Z	1/10
0 2Z 4Z	π
0 23 3Z	$\sqrt{2}$

При работе стандартных подпрограмм $\sin u$, $\cos u$, e^u , $\ln u$ и работают стандартные блоки ИП-5 «схема Горнера» и «сдвиг U на P_u », составленные для зоны Φ_1 оперативной памяти.

Однако, блок «схема Горнера» может работать также и в зоне Φ_0 оперативной памяти, что дает возможность использовать его в основной программе. О том, как это реализуется, сказано в §13. В частно-

сти, эта возможность была использована при составлении подпрограмм перевода « $10 \rightarrow 3$ » и « $3 \rightarrow 10$ » для ИП-5.

С помощью блока «схема Горнера» можно выполнить в системе ИП-5 действия типа машинных операций 4X и 40 (см. §13). Блок «сдвиг U на P_u » не следует отождествлять со стандартной подпрограммой денормализации, хотя они выполняют одно и то же действие, а именно, сдвиг мантиссы числа U на P_u . разрядов. Они содержат значительную общую часть команд (отличаются всего лишь несколькими командами), но выполняются в разных зонах оперативной памяти (см. §12). Каждая из перечисленных стандартных подпрограмм начинается командой записи очередной зоны основной программы (состояние зоны Φ_1 оперативной памяти) на магнитный барабан в специально отведенную зону ЗУ. Следовательно, в этом случае основная программа не может занимать зону ЗУ. По мере необходимости в зону Φ_1 оперативной памяти считывается или «схема Горнера», или блок «сдвиг U на P_u ». Заканчивается подпрограмма восстановлением основной программы в зоне Φ_1 оперативной памяти ($[ЗУ] \Rightarrow [\Phi_1]$) и далее следует нормализация результата.

§3. Подпрограмма для выполнения нормализации.

Данная подпрограмма приводит к нормальной форме число u в системе с плавающей запятой, пред-

ставленное в форме $u=U \cdot 3^{P_u}$ где U – мантисса числа u , записываемая в три короткие ячейки, $|u| < 4,5$.

Число u в нормальной форме удовлетворяет следующим соотношениям:

$$0,5 < |U| < 1,5, |P_u| \leq 40, \text{ при } u \neq 0$$
$$U = 0, P_u = -40, \text{ при } u = 0$$

Нормализация мантиссы величины u происходит с соответствующей корректировкой её порядка.

Время выполнения нормализации ($T_{\text{норм}}$) не превосходит 6040 мксек, в том случае, если порядок не меньше – 40; в противном случае требуется еще дополнительно 870 мксек для того, чтобы положить результат равным нулю.

Программа нормализации расположена в дополнительной зоне ИП-5. После нормализации непосредственно следует Вх.IV ИП-5.

§4. Подпрограмма для выполнения действий типа сложения.

Алгоритм сложения двух чисел:

$$u = U \cdot 3^{P_u} \quad \text{и} \quad v = V \cdot 3^{P_v}$$

использует известное соотношение:

$$u + v = \begin{cases} (U + V \cdot 3^{P_v - P_u}) \cdot 3^{P_u}, & \text{при } P_u > P_v \\ (U \cdot 3^{P_u - P_v} + V) \cdot 3^{P_v}, & \text{при } P_u \leq P_v \end{cases}$$

Все остальные действия типа сложения (вычитание, вычитание модулей, обратное сложение, обратное вычитание) сводятся к сложению предварительный преобразованием знаков величин u и v , соответствующим смыслу данного действия.

Числа u и v , как уже говорилось в §2, должны быть представлены в нормальной форме.

На машине «Сетунь» наилучшим округлением числа до какого-либо разряда является простое отбрасывание всех цифр, записанных в более младших разрядах, т.е. замена этих цифр нулями. При операции сдвига производится наилучшее округление. В силу этого погрешность выполнения действий типа сложения не превосходит по модулю половины единицы младшего разряда мантиссы наибольшего по модулю аргумента.

Время выполнения сложения ($T_{сл}$) не превосходит $(10390 + N_{IV})$ мксек, причем здесь и в дальнейшем под N_2 будем понимать время вызова в оперативную память содержимого зоны α магнитного барабана. В данном случае N_{IV} — время вызова дополнительной зоны ИП-5, где находится также и подпрограмма выполнения нормализации.

Для выполнения остальных действий типа сложения требуются следующие времена:

- 1) для обратного вычитания -
 $(1550 + N_{IZ} + 10390 + N_{IY})$ мксек,
- 2) для обратного сложения - $(3180 + N_{IZ} + 10390 + N_{IY})$
 мксек,
- 3) для вычитания - $(1775 + N_{IZ} + 10390 + N_{IY})$ мксек,
- 4) для вычитания модулей - $(3910 + N_{IZ} + 10390 + N_{IY})$ мк-
 сек.

§5. Подпрограмма для выполнения умножения.

Алгоритм умножения двух чисел использует со-
 отношение:

$$u \cdot v = U \cdot V \cdot 3^{P_u - P_v}$$

Умножение в машине производится по следующему алго-
 ритму:

$$\begin{aligned} & (U_1 + U_2 \cdot 3^{-9} + U_3 \cdot 3^{-18})(V_1 + V_2 \cdot 3^{-9} + V_3 \cdot 3^{-18}) = \\ & = U_1 \times V_1 + (U_1 \times V_2 + U_2 \times V_1) \cdot 3^{-9} + \\ & + (U_1 \times V_3 + U_2 \times V_2 + U_3 \times V_1) \cdot 3^{-18} + \\ & + (U_2 \times V_3 + U_3 \times V_2) \cdot 3^{-27} + U_3 \times V_3 \cdot 3^{-36} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Последним членом можно пренебречь, так как
 его абсолютное значение не превосходит $0.25 \cdot 3^{-32}$

Как видно из формулы (5.1), операции умножения в ней выполняются по-существу над короткими словами, поэтому погрешности не дают.

Вычисление по этой формуле дает погрешность, не превосходящую по модулю половины единицы младшего разряда (погрешность отбрасывания разрядов, начиная с 28-ого).

Время выполнения умножения ($T_{\text{умн}}$) не превосходит $(12500 + N_{IV})$ мксек.

§6. Подпрограмма для выполнения деления.

В основу деления положен следующий алгоритм:

$$\left. \begin{aligned} w &= \frac{u}{v} = W \cdot 3^{P_w} \\ P_w &= P_u - P_v \\ W &= \frac{U}{(V_I + V_{II} \cdot 3^{-9})} = W_1 \cdot W_2 \end{aligned} \right\} \quad (6.1)$$

Здесь $W_1 = \frac{U}{V_I}$

$$W_2 = \frac{1}{1 + \frac{V_{II}}{V_I} \cdot 3^{-9}} = 1 - \frac{V_{II}}{V_I} \cdot 3^{-9} + \left(\frac{V_{II}}{V_I} \right)^2 \cdot 3^{-18} - \left(\frac{V_{II}}{V_I} \right)^3 \cdot 3^{-27} + \dots$$

В разложении W_2 членами, начиная с $\left(\frac{V_{II}}{V_I}\right)^4 \cdot 3^{-36}$ можно пренебречь, так как допускаемая при этом абсолютная погрешность не превосходит 3^{-27} .

В машине алгоритм деления реализуется следующим образом:

$$\tilde{W} = \tilde{W}_1 \otimes \tilde{W}_2, \quad (6.2)$$

где \tilde{W}_1, \tilde{W}_2 есть приближенно вычисленные значения W_1, W_2 соответственно, получаемые каждое в трех коротких ячейках, \otimes – умножение с посылкой результата в три короткие ячейки.

\tilde{W}_1 вычисляется по следующему алгоритму:

$$\tilde{W} = (U_I \times Z_1)_{II} + ((U - (U_I \times Z_1)_{II} \times V_1) \cdot 3^{-9} \times Z_1) \cdot 3^{-9} \quad (6.3)$$

где \times – умножение с посылкой результата в длинную ячейку; погрешность такого умножения σ_1 удовлетворяет неравенству:

$$|\sigma_1| = |a \times b - a \cdot b| \leq \frac{1}{2} \cdot 3^{-16} \quad (6.4)$$

$(U_I \times Z_1)_{II}$ – первые II разрядов произведения $U_I \times Z_1$;

Z_1 – приближенно вычисленное значение $1/V_1$

Вычисление Z_1 разбивается на два этапа.

1. Находится Z_0 – начальное приближение к $1/V_1$.

А именно, полагая

$$V_1 = \delta + h, \text{ где } |\delta| = 1, |h| < \frac{1}{2},$$

можно записать

$$\frac{1}{V_1} = \frac{1}{(\delta + h)} = (\delta - h)(1 + h^2 + h^4 + h^6 + \dots)$$

Если теперь ряд, заключенный в скобки, свернуть с помощью полиномов Чебышева до полинома восьмой степени, то получится (см. [2]) формула для вычисления Z_0 :

$$Z_0 = (\delta - h)(1 + h^2 + a_1 h^4 + a_2 h^6 + a_3 h^8), \text{ где}$$

$$a_1 = 1,0007$$

$$a_2 = 0,9504$$

$$a_3 = 0,9504$$

Положим

$$Z_0 = \frac{1}{V_1} + \varepsilon_0,$$

Тогда

$$\varepsilon_0 = (\delta - h) h^2 \Delta ,$$

где $|\Delta| < 3.1 \cdot 10^{-4}$.

2. К найденному значению Z_0 один раз применяется известная итерационная формула:

$$Z_{n+1} = Z_n \cdot (2 - Z_n \cdot V_1) ,$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} Z_n = \frac{1}{V_1} .$$

Это даёт нам

$$Z_1 = Z_0 \cdot (2 - Z_0 \cdot V_1) ,$$

Положим

$$\varepsilon_1 = Z_1 - \frac{1}{V_1} \tag{6.5}$$

Для погрешности ε_1 имеем выражение:

$$\varepsilon_1 = -\varepsilon_0^2 V_1 - \sigma_1 Z_0 + \sigma_1' ;$$

где σ_1' так же как и σ_1 , погрешность выполнения на машине операции умножения. Учитывая (6.4) и (6.6) можно дать оценку этой погрешности:

$$|\varepsilon_1| \leq \frac{11}{6} \cdot 3^{-16} \quad (6.6)$$

Выделение II старших разрядов произведения $U_I \times Z_1$ необходимо для того, чтобы произведение $(U_I \times Z_1)_k \times V_1$ имело точное представление в виде длинного слова машины. С другой стороны, в целях упрощения подпрограммы желательно, чтобы у разности:

$$U - (U_I \times Z_1)_k \times V_1$$

первые 10 разрядов были нулями. Первое требование выполняется при $k \leq 11$. Указанная же разность будет иметь нули в старших 10 разрядах тогда, когда выполняется:

$$|U - (U_I \times Z_1)_k \times V_1| < \frac{1}{2} \cdot 3^{-8}. \quad (6.7)$$

Учитывая (6.4), (6.5), (6.6), можно написать:

$$\begin{aligned} |U - (U_I \times Z_1)_k \times V_1| &= |U_I + U_3 \cdot 3^{-18} - (U_I \times Z_1)_k \times V_1| \leq \\ &\leq |U_I| \cdot |(U_I \times Z_1)_k - U_I Z_1| + |U_I \cdot Z_1| \cdot |V_1| + |U_3 \cdot 3^{-18}| + |\sigma_1| \leq \\ &\leq |V_1| \cdot |(U_I \times Z_1)_k - U_I Z_1| + |U_I \varepsilon_1 V_1| + |U_3 \cdot 3^{-18}| + |\sigma_1| \leq \\ &\leq \frac{3}{2} \cdot |(U_I \times Z_1)_k - U_I Z_1| + 5,2 \cdot 3^{-16}, \end{aligned}$$

Значит, для выполнения неравенства (6.7) достаточно выполнения неравенства:

$$\begin{aligned} |U - (U_I \times Z_1)_k \times V_1| &\leq \\ &\leq \frac{3}{2} |(U_I \times Z_1)_k - U_I Z_1| + 5,2 \cdot 3^{-16} \leq \frac{1}{2} \cdot 3^{-8} \end{aligned} \quad (6.8)$$

или

$$|(U_I \times Z_1)_k - U_I Z_1| < 3^{-9} \quad (6.9)$$

Но так как

$$|(U_I \times Z_1)_k - U_I Z_1| \leq \frac{1}{2} \cdot 3^{-(k-2)} \quad (6.10)$$

то из (6.9) и (6.10) следует, что

$$\frac{1}{2} \cdot 3^{-(k-2)} \leq 3^{-9},$$

откуда получаем $k \geq 11$.

Таким образом, если взять $k=11$, то будут выполняться оба требования.

Теперь оценим разность $W_1 - \tilde{W}_1$:

$$\begin{aligned}
|W_1 - \tilde{W}_1| &= \left| \frac{U}{V_1} - (U_I \times Z_1)_H - ((U - (U_I \times Z_1)_H \times V_1) \cdot 3^9 \times Z_1) \cdot 3^{-9} \right| \leq \\
&\leq \left| \frac{U}{V_1} - (U_I \times Z_1)_H - (U - (U_I \times Z_1)_H \cdot V_1) \cdot Z_1 \right| + |\sigma I| \cdot 3^{-9} = \quad (6.11) \\
&= |U - (U_I \times Z_1)_H \cdot V_1| \cdot |\varepsilon_1| + |\sigma_1| \cdot 3^{-9}
\end{aligned}$$

Но из (6.8) при $k=11$ следует

$$|U - (U_I \times Z_1)_H \cdot V_1| \leq 0,76 \cdot 3^{-9} \quad (6.12)$$

Окончательно, учитывая (6.6), (6.11), (6.12), имеем:

$$|W_1 - \tilde{W}_1| \leq 2 \cdot 3^{-25} \quad (6.13)$$

\tilde{W}_2 вычисляется по следующему алгоритму:

$$\begin{aligned}
\tilde{W}_2 &= 1 - ((\bar{V}_I \times Z_1)_H + ((\bar{V} - (\bar{V}_I \times Z_1)_H \times V_1) \cdot 3^9 \times Z_1) \cdot 3^{-9}) \cdot 3^{-7} + \quad (6.14) \\
&+ ((\tilde{V} \times Z_1) \times (\tilde{V} \times Z_1)) \cdot 3^{-14} - (((\tilde{V} \times Z_1) \times (\tilde{V} \times Z_1)) \times (\tilde{V} \times Z_1)) \cdot 3^{-21}
\end{aligned}$$

где $\bar{V} = V_H \otimes 3^{-2}$, $\tilde{V} = V_H \times 3^{-2}$

Для удобства оценки разности $W_2 - \tilde{W}_2$ перепишем выражение для W_2 в несколько измененном виде:

$$\begin{aligned}
 W_2 = & 1 - \left(\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} \right) \cdot 3^{-7} + \left(\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} \right)^2 \cdot 2 \cdot 3^{-14} + \\
 & + \left(\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} \right)^3 \cdot 3 \cdot 3^{-27}
 \end{aligned} \tag{6.15}$$

Из сравнения (6.14) и (6.15) видно, что в (6.14) реализуется вычисление величины $\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I}$ по алгоритму (6.3), если в последней положить $U=V$. Поэтому, ввиду (6.13), погрешность вычисления $\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I}$ не превосходит $2 \cdot 3^{-25}$.

В вычислении же величин $\left(\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} \right)^2$ и $\left(\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} \right)^3$ мы игнорируем два младших разряда V_{II} , полагая $V_{II} \cdot 3^{-2} \approx \tilde{V}$ с ошибкой

$$\alpha = |V_{II} \cdot 3^{-2} - \tilde{V}| < \frac{1}{2} \cdot 3^{-14} \tag{6.16}$$

Это сокращает длину программы, не внося существенных погрешностей в вычисление W_2 .

Действительно, учитывая (6.4), (6.6), (6.16), можно написать:

$$\left| \left(\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} \right)^2 - (\tilde{V} \times Z_1) \times (\tilde{V} \times Z_1) \right| \leq \left| \frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} - (\tilde{V} \times Z_1) \right|$$

$$\left| \frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} + (\tilde{V} \times Z_1) \right| + |\sigma_1| \leq 2 \left(\left| \frac{\alpha}{V_I} \right| + |\varepsilon_1 \tilde{V}| + |\sigma_1'| \right) + |\sigma_1| < 3^{-13}$$

Аналогично,

$$\left| \left(\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} \right)^3 - [(\tilde{V} \times Z_1) \times (\tilde{V} \times Z_1)] \times (\tilde{V} \times Z_1) \right| < 4 \cdot 3^{-12}$$

Учитывая, что величины $\left(\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} \right)$, $\left(\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} \right)^2$, $\left(\frac{V_{II} \cdot 3^{-2}}{V_I} \right)^3$ умножаются соответственно на 3^{-7} , 3^{-14} , 3^{-21} и складываются в трех коротких ячейках, можно написать оценку для $W_2 - \tilde{W}_2$:

$$|W_2 - \tilde{W}_2| < (2 \cdot 3^{-25}) \cdot 3^{-7} + \frac{1}{2} \cdot 3^{-25} + (3^{-13}) \cdot 3^{-14} +$$

$$+ \frac{1}{2} \cdot 3^{-25} + (4 \cdot 3^{-12}) \cdot 3^{-21} + \frac{1}{2} \cdot 3^{-25} < 1,6 \cdot 3^{-25} \quad (6.17)$$

Оценим окончательно $W - \tilde{W}$:

$$|W - \tilde{W}| = |W_1 W_2 - \tilde{W}_1 \tilde{W}_2| \leq |W_1| |W_2 - \tilde{W}_2| +$$

$$+ |W_2| |W_1 - \tilde{W}_1| + |\sigma_2|$$

где

$$|\sigma_2| = |a \cdot b - a \otimes b| \leq \frac{1}{2} \cdot 3^{-25},$$

Учитывая (6.13), (6.17), получаем:

$$|W - \tilde{W}| < 7,3 \cdot 3^{-25}$$

Подпрограмма деления расположена в зонах 12 и 13 (частично в зоне 14) магнитного барабана. По окончании своей работы она производит обращение к подпрограмме выполнения умножения. Время выполнения деления ($T_{\text{дел}}$) не превосходит:

$$(5765 + N_{13} + 17100 + N_{14} + 1050 + N_{13} \cdot 100 + N_{11} + \underbrace{12500 + N_{1Y}}_{T_{\text{умн}}}) \text{ мксек.}$$

§7. Подпрограмма извлечения квадратного корня.

Алгоритм вычисления и использует соотношение:

$$\sqrt{u} = \sqrt{U \cdot 3^{P_u}} = \begin{cases} \sqrt{U} \cdot 3^{\frac{P_u}{2}}, & \text{при } P_u - \text{четном} \\ \sqrt{3U} \cdot 3^{\frac{P_u-1}{2}}, & \text{при } P_u - \text{нечетном} \end{cases},$$

Вычисление квадратного корня из числа u сводится к вычислению квадратного корня из мантиссы U , находящейся в пределах:

$$0,5 < |U| < 4,5$$

Пусть известно Z – приближенное значение U , так что

$$U = Z_2 + \varepsilon \quad (7.1)$$

Тогда

$$\sqrt{U} = \sqrt{Z^2 + \varepsilon} = Z \sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{z_2}} = Z \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\varepsilon}{Z_2} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{\varepsilon}{Z_2} \right)^2 + \dots \right] \quad (7.2)$$

Ниже будет описан алгоритм отыскания Z такого, что

$$\left| \frac{(U - Z_2)}{Z_2} \right| = \left| \frac{\varepsilon}{Z_2} \right| \leq 10 \cdot 3^{-16} \quad (7.3)$$

Поэтому в разложении (7.2) членами, начиная с третьего, можно пренебречь. При этом допускается абсолютная погрешность, не превосходящая $\frac{1}{2} \cdot 3^{-27}$.

Перепишем теперь (7.2) в таком виде:

$$\sqrt{U} = Z + \frac{1}{2} \frac{(U - Z^2) \cdot 3^9}{Z^2} \cdot 3^{-9}$$

Эта формула на машине реализована следующим образом:

$$\sqrt{U} \approx \tilde{Z} = Z + \left(\frac{1}{2} (Y \times (U - (Z \times Z)) \cdot 3^9) \right) \cdot 3^{-9}, \quad (7.4)$$

где $Z = U_I \times Y$; Y – приближенное значение $\frac{1}{\sqrt{U_I}}$,

Y – вычисляется по итерационной формуле

$$Y_{n+1} = \frac{Y_n}{2} \cdot (3 - U_I Y_n^2), \quad (7.5)$$

которая является результатом применения метода Нью-

тона к решению уравнения $\frac{1}{Y^2} - U_I = 0$; за начальное

приближение берется $\sqrt{\frac{2}{9}}$.

В машине формула (7.5) реализуется следующим образом:

$$Y_{n+1} = \frac{1}{2} \times Y_n \times (3 - U_I \times (Y_n \times Y_n)) \quad (7.6)$$

Положим

$$Y_n = \frac{1}{\sqrt{U_I}} + \varepsilon_n, \quad Y_{n+1} = \frac{1}{\sqrt{U_I}} + \varepsilon_{n+1},$$

Тогда

$$\varepsilon_{n+1} = -(\Delta_n + \sigma_n), \quad (7.7)$$

где $|\Delta_n| \leq \frac{1}{2} ((|\sigma_1^{(1)}| \sqrt{U_I} + |\sigma_1^{(2)}|) Y_n + |\sigma_1^{(3)}| + |\sigma_1^{(4)}| + Y_n \cdot 3^{-16})$,

$\sigma_1^{(i)}$ – погрешности выполнения умножения ($|\sigma_1^{(i)}| < \frac{1}{2} \cdot 3^{-16}$) на различных этапах реализации формулы (7.6), т.е.

$$|\Delta_n| < \Delta = 2,8 \cdot 3^{-16}, \quad \text{а} \quad \delta_n = \frac{3}{2} \sqrt{U_I} \cdot \varepsilon_n^2 + \frac{1}{2} U_I \cdot \varepsilon_n^2.$$

Итерации по формуле (7.6) делаются до тех пор, пока для двух последовательных приближений Y_n, Y_{n+1} будет выполнено неравенство:

$$|Y_{n+1} - Y_n| = |\varepsilon_{n+1} - \varepsilon_n| < 26 \cdot 3^{-16} \quad (7.8)$$

Очевидно, что в этом случае при $Y = Y_{n+1}$, $\Delta' < 3 \cdot 3^{-16}$,

где

$$\Delta' = \frac{1}{\sqrt{U}} - Y \quad (7.9)$$

Таким образом,

$$Z = U_I \times Y = U_I \left(\frac{1}{\sqrt{U_I}} + \Delta' \right) + \sigma, \quad |\sigma| < \frac{1}{2} \cdot 3^{-16},$$

или

$$Z = \sqrt{U_I} + U_I \Delta' + \sigma.$$

Отсюда

$$Z_2 = Z \times Z + \sigma' = U_I + 2(U_I \Delta' + \sigma)U_I + 0(U_I \Delta' + \sigma),$$

$$|\sigma'| < \frac{1}{2} \cdot 3^{-25}$$

Следовательно,

$$\varepsilon = U - Z^2 = (U - U_I) + 2(U_I \Delta' + \sigma)\sqrt{U_I} + 0(U_I \Delta' + \sigma),$$

и так как

$$|U - U_I| < \frac{1}{2} \cdot 3^{-16},$$

получаем соотношение (7.3)

$$\left| \frac{\xi}{Z^2} \right| < \frac{43}{4,5} \cdot 3^{-16} < 10 \cdot 3^{-16}$$

Осталось дать оценку погрешности, с которой извлекается квадратный корень согласно соотношению

(7.4). К погрешности метода здесь добавляется погрешность умножений \times и \otimes , а также погрешность $\sigma_{1/2}$ представления в машине числа $|\sigma_{1/2}|=1/2 \cdot 3^{-16}$.

Тогда

$$|\sqrt{U} - \tilde{Z}| < \frac{1}{2} \cdot 3^{-27} + \frac{1}{2} Y \cdot |\sigma'| + \left(\frac{1}{2} |\sigma_1| + |\sigma_2|\right) \cdot 3^{-9} + Y |\sigma_{1/2} \varepsilon|,$$

$$|\sigma_1| < \frac{1}{2} \cdot 3^{-16}, \quad |\sigma_2| < \frac{1}{2} \cdot 3^{-16},$$

т.е.

$$|U - \tilde{Z}| < 1,5 \cdot 3^{-25},$$

Подпрограмма извлечения квадратного корня расположена в зонах I4 и 2W магнитного барабана. Максимальное время её работы $T_{\sqrt{\cdot}}$ определяется по формуле:

$$T_{\sqrt{\cdot}} = (11285 + N_{2W} + 10380 + N_{IY}) \text{ мсек.}$$

§8. Подпрограмма вычисления функций $\sin u$ $\cos u$.

Алгоритм вычисления $\sin u$ использует соотношение [2]:

$$\sin u = (-1)^{\alpha_0} \sin \frac{\pi}{2} \cdot t_0 = \sin \frac{\pi}{2} (-1)^{\alpha_0} t_0,$$

где

$$u = 2\pi k + \pi \cdot \alpha_0 + \frac{\pi}{2} \cdot t_0, \quad k = \left[\frac{u}{(2\pi)} \right]_{\bar{\alpha}_1},$$

$$\alpha_0 = [2(u/(2\pi) - k)]_{\bar{\alpha}_1}, \quad |t_0| < 1$$

Вычисление $\cos u$ сводится к вычислению $\sin \frac{\pi}{2} (-1)_{\bar{\alpha}_1}^{\alpha_1} t_1$, где $\alpha_1 = [2(u/(2\pi) - k) + 1/2]_{\bar{\alpha}_1}$, $t_1 = 2 \{2(u/(2\pi) - k) + 1/2\}_{\bar{\alpha}_1}$.

Причем ввиду того, что $\left| \frac{u}{(2\pi)} - k \right| < \frac{1}{2}$, будет выполнено неравенство $|\alpha_1| \leq 1$.

Для вычисления $\sin \frac{\pi}{2} \cdot t$ используется разложение в ряд Тейлора, причем достаточно взять 9 членов этого разложения (до t^{17} включительно). При этом абсолютная погрешность вычисления $\sin \frac{\pi}{2} \cdot t$ не превышает $1/2 \cdot 3^{-27}$.

Сворачивая этот отрезок ряда Тейлора с помощью полиномов Чебышева, получаем полином 13-ой степени. При этом абсолютная погрешность вычисления $\sin \frac{\pi}{2} \cdot t$ не будет превосходить $0,77 \cdot 3^{-26}$. Для уменьшения накопления ошибок округления сначала вычисляется величина $3 \sin \frac{\pi}{2} \cdot t$, а затем производится сдвиг

полученного значения на один разряд вправо. Окончательная формула для вычисления $3\sin\frac{\pi}{2}\cdot t$ имеет вид:

$$3\sin\frac{\pi}{2}\cdot t \approx ((((((b_6 \times T + b_5) \times T + b_4) \times T + b_3) \times T + b_2) \times T + b_1) \times T + b_0) \times \tau$$

где τ – приближенное значение $\frac{3}{2}t$, $\tau = \frac{3}{2}t + \Delta_0$,

T – приближенное значение $\frac{3}{4}t^2$, а b_i

($i=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$) – коэффициенты полинома, имеющие следующие численные значения:

$$b_0 = 3,141\ 592\ 653\ 590$$

$$b_1 = -5,167\ 712\ 780\ 033 \cdot 3^{-1}$$

$$b_2 = 2,550\ 164\ 038\ 006 \cdot 3^{-2}$$

$$b_3 = -0,599\ 264\ 469\ 426 \cdot 3^{-3}$$

$$b_4 = 0,082\ 145\ 065\ 195 \cdot 3^{-4}$$

$$b_5 = -0,007\ 364\ 953\ 476 \cdot 3^{-5}$$

$$b_6 = 0,000\ 448\ 735\ 764 \cdot 3^{-6}$$

Вычисление полинома в подпрограмме осуществляется по схеме Горнера. С учетом погрешностей представле-

ния в машине коэффициентов полинома, погрешности получения аргумента по формулам приведения и ошибок округления, абсолютная погрешность вычисления $\sin u$ и $\cos u$ не превосходит $2,6 \cdot 3^{-25}$.

Нужно иметь ввиду, что относительная погрешность при вычислении значений $\sin u$ и $\cos u$, близких к нулю, будет весьма большой. Подпрограмма вычисления $\sin u$ и $\cos u$ размещается в зонах 12, 2X и 2Y магнитного барабана. Максимальное время выполнения $\sin u$ определяется формулой:

$$T_{\sin} = (\bar{N}_{3Y} + N_{3X} + 14010 + N_{3W} + 12660 + N'_{3X} + 15980 + N_{12} + 16470 + N_{2Y} + 98510 + N_{3Y} + N_{1Y}), \text{ мксек.}$$

Где \bar{N}_{α} – время записи в зону α магнитного барабана состояния одной из зон оперативной памяти. Максимальное время вычисления $\cos u$ определяется формулой:

$$T_{\cos} = (360 + \bar{N}_{3Y} + N_{3X} + 14010 + N_{3W} + 12660 + N'_{3X} + 17855 + N_{12} + 16470 + N_{2Y} + 98510 + N_{3Y} + N_{1Y}), \text{ мксек.}$$

§9. Подпрограмма вычисления функции e^u .

Алгоритм вычисления использует соотношение [2]:

$$e^u = Z \cdot 3^{P_u},$$

где $P_z = [1/\ln 3 \cdot u]_{\text{от}}$, $Z = 3^t$, $t = \{1/\ln 3 \cdot u\}_{\text{от}}$.

При $u > \frac{1}{2} \cdot 3^5$ происходит аварийный останов по команде

0 0W 2X, при $u < \frac{1}{2} \cdot 3^5$ результат полагается равным нулю, в остальных случаях результат выдается в нормальной форме. Для вычисления величины Z используется разложение в ряд Тейлора, причем достаточно взять 14 членов этого разложения (до t^{13}) чтобы абсолютная погрешность вычисления не превосходила 3^{-30}

Сворачивая этот отрезок ряда Тейлора с помощью полиномов Чебышева, получим полином десятой степени:

$$Z = \sum_{i=0}^{10} b_i t^i .$$

Здесь коэффициенты b_i имеют следующие численные значения:

$$b_0 = 0,999\ 999\ 999\ 997$$

$$b_1 = -1,098\ 612\ 288\ 668$$

$$b_2 = 0,603\ 474\ 480\ 406$$

$$b_3 = 0,220\ 994\ 826\ 676$$

$$b_4 = 0,060\ 696\ 908\ 081$$

$$b_5=0,013\ 336\ 474\ 152$$

$$b_6=0,002\ 441\ 935\ 715$$

$$b_7=0,000\ 383\ 245\ 619$$

$$b_8=0,000\ 052\ 629\ 869$$

$$b_9=0,000\ 006\ 436\ 582$$

$$b_{10}=0,000\ 000\ 707\ 010$$

Полная абсолютная погрешность вычисления e^u (включая и ошибки округления) не превосходит $3 \cdot 3^{-25}$. Подпрограмма вычисления e^u размещается в зонах 2Z и 20 магнитного барабана. Максимальное время вычисления e^u определяется формулой:

$$T_{\text{exp}} = (\bar{N}_{3Y} + N_{3X} + 15575 + N_{3W} + 6555 + N'_{3X} + 2435 + N_{20} + 137825 + N_{3Y} + N_{1Y}), \text{ мксек.}$$

§10. Подпрограмма вычисления функции $\ln u$

Алгоритм вычисления $\ln u$, $u > 0$, используется соотношение [2]

$$\ln(U \cdot 3^P) = P_u \ln 3 + \ln U,$$

$$\ln U = -\ln \lambda_i + \ln(\lambda_{iU}),$$

где λ_i подбирается так, чтобы выполнялось неравенство:

$$1 - H < \lambda_i U < 1 + H, \quad H = (\sqrt{3} - 1) / (\sqrt{3} + 1),$$

откуда видно, что λ_i может принимать одно из двух значений:

$$\lambda_1 = \frac{2}{3}(\sqrt{3} - 1)\sqrt{3}, \quad \lambda_2 = 2(\sqrt{3} - 1).$$

В случае $u \leq 0$ происходит аварийный останов по команде 0 1X 2X.

В подпрограмме сначала вычисляется величина $3 \ln U$, а затем полученное значение сдвигается на один разряд вправо. Для вычисления величины $\ln U$ используется отрезок ряда Тейлора, причем достаточно взять 22 члена разложения, чтобы абсолютная погрешность вычисления не превосходила 3^{-30} . Сворачиванием этого отрезка с помощью полиномов Чебышева получаем следующий полином:

$$\ln U \approx \frac{1}{3}(-3 \ln \lambda_i + \sum_{k=1}^{13} b_k h_i^k),$$

где $h_i = \lambda_i U - 1$, $|h_i| < H$, а коэффициенты b_k имеют следующие численные значения:

$$b_1=3,000\ 000\ 000\ 000$$

$$b_2=-1,499\ 999\ 999\ 887$$

$$b_3=0,999\ 999\ 999\ 896$$

$$b_4=-0,750\ 000\ 043\ 936$$

$$b_5=0,600\ 000\ 040\ 384$$

$$b_6=-0,499\ 995\ 120\ 344$$

$$b_7=0,428\ 566\ 932\ 753$$

$$b_8=-0,375\ 231\ 380\ 214$$

$$b_9=0,333\ 547\ 092\ 780$$

$$b_{10}=-0,294\ 712\ 992\ 247$$

$$b_{11}=0,267\ 826\ 829\ 127$$

$$b_{12}=-0,306\ 755\ 016\ 149$$

$$b_{13}=0,283\ 561\ 894\ 407$$

Абсолютная погрешность такого представления $\ln U$ не превышает $0,7 \cdot 3^{-27}$.

С учетом ошибок округления относительная погрешность вычисления $\ln u$ не будет превосходить $1,5 \cdot 3^{-25}$.

Данная подпрограмма размещается в зонах 21, 22 и 23 магнитного барабана. Максимальное время её выполнения определяется по формуле:

$$T_{\text{in}} = (\bar{N}_{Y3} + N_{3X} + 31770 + N_{22} + 152140 + N_{23} + 14720 + N_{3W} + 7410 + N'_{3X} + 15060 + N_{3Y} + N_{IY}), \text{ мксек.}$$

§11. Подпрограмма денормализации.

Подпрограмма производит сдвиг мантиссы U на порядок P_u . Обращаться к этой подпрограмме можно только при условии, если на месте U уже находится число, которое требуется сдвинуть, а на месте P_u число в единицах адреса на которое надо сдвинуть число U.

Обращение к подпрограмме производится следующим образом:

$$\begin{aligned} (x_0): & \quad Z \ 43 \ 03 & \quad (c) \Rightarrow (\alpha) \\ (x_1): & \quad Z \ 10 \ 00 & \quad БП \overset{\Gamma}{\rightarrow} \text{Вх. III} \\ (x_2): & \quad 0 \ 24 \ X0 & \quad A_{\text{сдв}} \\ (x_3): & \quad П_{\phi y} M_y \Delta_y & \quad A_y \end{aligned}$$

Подпрограмма размещается в зоне 24 магнитного барабана. Максимальное время её выполнения определяется формулой:

$$T_{\text{денорм}} = (5455 + N_{IY}), \text{ мксек.}$$

§12. Блок ИП-5 «Сдвиг U на P_u»

Этот блок является почти повторением подпрограммы денормализации. Отличие состоит в том, что он составлен для зоны Φ_1 оперативной памяти. Блок используется стандартными подпрограммами (при вычислении функций $\sin u$, $\cos u$, e^u , $\ln u$). Обращение к этому блоку должно производиться только из зоны Φ_0 и имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}(x_0): & Z 23 03 (c) \Rightarrow (A) \\(x_1): & 1 XX 00 \text{ БП} \rightarrow \text{Сдв. } U \text{ на } P_u\end{aligned}$$

При этом блок «сдвиг U на P_u» должен уже находиться в зоне Φ_1 , а на месте U и P_u должны находиться соответственно число, которое надо сдвинуть, и порядок, на который надо сдвинуть.

Данный блок размещается в зоне ЗВ магнитного барабана. Время его работы не превосходит 5915 мксек.

§13. Блок ИП-5 «Схема Горнера».

Стандартный блок «Схема Горнера» реализует действие (с фиксированной запятой и повышенной точностью):

$$U \cdot V + b \Rightarrow U$$

и используется в стандартных подпрограммах при вычислении полиномов по схеме Горнера. Данный блок составлен таким образом, что он может выполняться как в зоне Φ_1 , так и в зоне Φ_0 оперативной памяти. Перед обращением к нему его необходимо предварительно вызвать нужную зону оперативной памяти (стандартные подпрограммы вызывают его в зону Φ_1). При работе данного блока величина b должна размещаться в одной длинной (для величины b_1) и следующей за ней одной короткой (для величины b_3) ячейках оперативной памяти. Обращение к нему производится следующим образом:

$$\begin{aligned} (x_0): & \langle \Gamma \rangle Z0 \quad \Gamma \Rightarrow (F) \\ (x_1): & Z 23 03 \quad (c) \Rightarrow (A) \\ (x_2): & П WX 00 \quad БП \curvearrowright \text{Сх.Горнера} \end{aligned}$$

Здесь величина Γ определяет адрес величины b согласно соотношению:

$$\Gamma = \langle b_1 \rangle - 0W2 ,$$

а Π является признаком зоны оперативной памяти, в которую вызван данный блок. Данный блок размещен в зоне ZX магнитного барабана. Время его работы не превосходит 12380 мксек.

Цитированная литература.

[1] Е.А.Жоголев, Система команд и интерпретирующая система для машины «Сетунь». Ж. вычисл. матем. и мат.физ., 1961, 1. №3, 499-512.

[2] Е.А.Жоголев. Математическое обслуживание машины «Сетунь». Отчет ВЦ МГУ, 1961.

Приложение. ИП-5 с библиотекой подпрограмм.
Ввод системы ИП-5 с контролем.

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX 0 2X ZX	$(F) + 3\varphi_1 \Rightarrow (F) \rightarrow 4$	02 03 0 00 Z0	$-60\varphi_1 \Rightarrow (F)$
WX 0 Z0 OX	$(F) \Rightarrow \delta_1$	04 0 Z0 OX	$(F) \Rightarrow \delta_1'$
WZ W0 0 Z1 Z0	$\delta_2 \Rightarrow (F)$	1W 1X 0 0Y Z0	$-20\varphi_1 \Rightarrow (F)$
W1 0 33 ZX	$(F) + \varphi_1 \Rightarrow (F)$	1Y 0 Z1 OX	$(F) \Rightarrow \delta_2 \rightarrow 6$
W2 W3 0 1Y 1X	$4\Pi - Z \rightarrow 6$	1Z 10 0 Z1 Z0	$\delta_2 \Rightarrow (F) \rightarrow 5$
W4 Z 1X 1X	$[1X] \Rightarrow [\varphi_2]$	11 1 01 X0	$8\delta_0 \Rightarrow [\varphi_1]$
XW XX 1 4Z 2X	Ω	12 13 1 3Y X4	$[\varphi_1] \Rightarrow [M_j]$
XY 0 00 00		14 1 3Y XY	$[M_j] \Rightarrow [\varphi_1]$
XZ X0 0 00 00		2W 2X 0 03 Z0	$0 \Rightarrow (F)$
X1 0 00 00		2Y 0 Z2 OX	$(F) \Rightarrow \Sigma$
X2 Y3 0 00 00		2Z 20 0 0X Z0	$-81\varphi_1 \Rightarrow (F)$
X4 0 00 00		21 Z WX 31	$a_i \Rightarrow (s) \rightarrow 1 \rightarrow 3$
YW YX 0 00 00		22 23 0 04 Y0	$C\varphi_1(s) \rightarrow 0 \rightarrow (s)$
YY 0 00 00		24 0 Z2 33	$(s) + \Sigma \Rightarrow (s)$
YZ Y0 0 00 00		3W 3X 0 Z2 Y3	$(s) \Rightarrow \Sigma$
Y1 0 00 00		3Y 0 2X ZX	$(F) + 3\varphi_1 \Rightarrow (F)$
Y2 Y3 0 00 00		3Z 30 0 21 1X	$4\Pi - Z \rightarrow 1$
Y4 0 00 00		31 0 4X 13	$4\Pi - 1 \rightarrow 2$
ZW ZX 0 00 00		32 33 0 01 Z0	$-80\varphi_1 \Rightarrow (F)$
ZY 0 00 00		34 0 21 00	$5\Pi \rightarrow 3$
ZZ Z0 0 00 00	δ_1	4W 4X 0 Z0 Z0	$\delta_1 \Rightarrow (F) \rightarrow 2$
Z1 0 00 00	δ_2	4Y Z 22 3Y	$(s) - \Sigma_j \Rightarrow (s)$
Z2 Z3 0 00 00	Σ	4Z 40 0 WX 10	$4\Pi - 0 \rightarrow 4$
Z4 0 00 00		41 0 00 2X	Ω_0
OW OX Z 00 00	$-81\varphi_1$	42 43 0 10 00	$5\Pi \rightarrow 5$
OY 0 YY 00	$-20\varphi_1$	44 0 00 00	
OZ 00 Z 23 00	$-60\varphi_1$	KC 0 00 00	
01 Z 01 X0	$8\delta_0 \Rightarrow [\varphi_2]$	Z 34 21	

Зона контрольных сумм.

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=Z$

WW WX	0 00 Z0}	Σ_1
WY	0 Z2 4W}	
WZ WO	0 00 Z2}	Σ_2
W1	0 42 3Y}	
W2 W3	0 00 Z2}	Σ_3
W4	1 Z2 40}	
XW XX	0 00 Z2}	Σ_4
XY	0 3Y WO}	
XZ XO	0 00 Z2}	Σ_5
X1	Z 1X Y3}	
X2 X3	0 00 ZY}	Σ_6
X4	1 Z4 Y0}	
YW YX	0 00 Z3}	Σ_7
YY	1 ZX 0X}	
YZ YO	0 00 ZY}	Σ_8
Y1	0 30 WW}	
Y2 Y3	0 00 Z3}	Σ_9
Y4	Z 4Y 10}	
ZW ZX	0 00 0Y}	Σ_{10}
ZY	1 1Z ZW}	
ZZ ZO	0 00 Z4}	Σ_{11}
Z1	1 W1 0X}	
Z2 Z3	0 00 0Z}	Σ_{12}
Z4	0 XZ 0Y}	
OW OX	0 00 0Z}	Σ_{13}
OY	Z 3Z 33}	
OZ OO	0 00 01}	Σ_{14}
O1	Z WY X4}	

02 03	0 00 0X}	Σ_{15}
04	Z YW 41}	
1W 1X	0 00 0Z}	Σ_{16}
1Y	1 3Z W2}	
1Z 10	0 00 Z4}	Σ_{17}
11	Z 23 21}	
12 13	0 00 Z2}	Σ_{18}
14	0 10 2X}	
2W 2X	0 00 Z2}	Σ_{19}
2Y	Z 1Z 3Y}	
2Z 20	0 00 ZW}	Σ_{20}
21	1 Z2 3X}	
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 00	
	1 03 3Y	

Зона переходов ИП-5.

Зона МБ IW

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0 = Z; 0$

WW WX Z 1X 1X $[1X] \Rightarrow [\Phi_2] \rightarrow 15$	02 03 1 00 XY $[M_j] \Rightarrow [\Phi] \rightarrow 14$
WY Z 43 Z0 $(\sigma) \Rightarrow (F)$	04 Z 44 0X $(F) \Rightarrow M_i$
WZ W0 0 03 01 Выход	1W 1X Z 0Y Z0 $(\sigma') \Rightarrow (F)$
W1 Z 0X 0X $(F) \Rightarrow A_{\partial e}$	1Y Z 0X 30 $A_{\partial e} \Rightarrow (S)$
W2 W3 Z 44 Z0 $M_i \Rightarrow (F)$	1Z 10 Z 1W 1X $[\Phi_2] \Rightarrow [1W]$
W4 1 00 1X $[\Phi] \Rightarrow [M_i]$	11 Z 1X 1X $[1X] \Rightarrow [\Phi_2]$
XW XX Z 3Y 3X $(F) + \epsilon_A \Rightarrow (F)$	12 13 Z 43 30 $0W \lambda 00 \Rightarrow (S) \rightarrow 12$
XY Z 0X 30 $A_{\partial e} \Rightarrow (S)$	14 Z W4 33 $(S) + 100X4 \Rightarrow (S) \rightarrow 15$
XZ X0 Z 13 10 $УП - 0 \rightarrow 12$	2W 2X Z 0Y Y3 $(S) \Rightarrow (\sigma')$
X1 Z 0X Z0 $A_{\partial e} \Rightarrow (F)$	2Y Z 03 00 $БП \rightarrow 14$
X2 X3 Z 3Y 20 $00 \overline{1} 00 \Rightarrow (S)$	2Z 20 Z 1X 13 $[\Phi_2] \Rightarrow [1X]$
X4 Z Y4 33 $(S) + Z 0120 \Rightarrow (S)$	21 0 0W Z0 $A_{\partial e} \Rightarrow (F)$
YW YX Z 0X 33 $(S) + A_{\partial e} \Rightarrow (S)$	22 23 Z 00 1Y $[M_{\partial e}] \Rightarrow [\Phi_2]$
YY Z 21 Y0 $0 \overline{1} B (S) \text{ на } 4 \Rightarrow (S)$	24 0 0X 30 $A_{\partial e} \Rightarrow (S)$
YZ Y0 Z 44 33 $(S) + M_i \Rightarrow (S)$	3W 3X 0 00 Y0 } $0 \Delta \partial e, 00 \Rightarrow (S)$
Y1 Z 0X Y3 $(S) \Rightarrow A_{\partial e}$	3Y 0 01 20 } $(S) \Rightarrow (\sigma')$
Y2 Y3 0 00 31 $A_{\partial e} \Rightarrow (S)$	3Z 30 0 0Y Y3 $(\sigma') \Rightarrow (F)$
Y4 Z 01 20 $0 M_j \Delta_j \Rightarrow (S)$	31 0 0Y 20 $A_{\partial e} \Rightarrow (S)$
ZW ZX Z 0Y Y3 $(S) \Rightarrow (\sigma')$	32 33 0 0X 30 $0000 \overline{1} e \Rightarrow (S)$
ZY Z 0Y Z0 $(\sigma') \Rightarrow (F)$	34 0 Z4 20 $(S) + \epsilon_f \Rightarrow (S)$
ZZ Z0 Z 00 Y0 $0 \overline{1} B (S) \text{ на } 4 \Rightarrow (S)$	4W 4X 0 0X 33 $(S) + A_{\partial e} \Rightarrow (S)$
Z1 Z 01 20 $0 \Delta_j 00 \Rightarrow (S)$	4Y 0 -24 33 $(S) \Rightarrow A_{\partial e}$
Z2 Z3 Z 14 00 $БП \rightarrow 13$	4Z 40 0 0X Y3 $(A_{\partial e}) \Rightarrow (S)$
Z4 0 00 01 ϵ_f	41 Z 00 31 $БП \rightarrow 15$
OW OX 0 00 00 $A_{\partial e}$	42 43 0 WX 00 M_i
OY 0 00 00 (σ')	44 0 1W 00
OZ 00 0 04 00 $4 \epsilon_A$	KC 0 00 Z0
O1 0 44 44 K	0 ZZ 4W

Основная зона ИП-5.

Зона МБ IX

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0 = Z; 0$

WW WX	Z 03 Z0	$0 \Rightarrow (F) \downarrow Bx \cdot \bar{V}$	02 03	0 00 31	$X_1 \Rightarrow (S)$
WY	Z 1X X3	$[\Phi_2] \Rightarrow [IX] \downarrow Bx \cdot \bar{V}$	04	Z 3Z Y3	$(S) \Rightarrow U_4$
WZ WO	Z 1W XX	$[IW] \Rightarrow [\Phi_2]$	1W 1X	0 03 31	$X_1 \Rightarrow (S)$
W1	Z 1X Z3	$(C) + 3\theta_4 \Rightarrow (F) \downarrow Bx \cdot \bar{V}$	1Y	Z 3Z Y3	$(S) \Rightarrow U_2$
W2 W3	Z 00 00	$5\pi \Gamma \rightarrow 1$	1Z 10	Z 1X Z3	$(C) + 3\theta_4 \Rightarrow (F) \downarrow Bx \cdot \bar{V}$
W4	Z 3Z 30	$U_1 \Rightarrow (S)$	11	Z 00 00	$5\pi \Gamma$
XW XX	0 00 Y4	$(S) \Rightarrow Y_3$	12 13	0 00 01	$5\pi \Gamma \rightarrow 1/2$
XY	Z 3Z 30	$U_1 \Rightarrow (S)$	14	0 0Y 00	$-2\theta_4$
XZ XO	0 03 Y4	$(S) \Rightarrow Y_0$	2W 2X	0 00 00	0
X1	Z 43 Z0	$(\alpha) \Rightarrow (F)$	2Y	0 30 00	$27\theta_4; i \} 3^{-9}$
X2 X3	Z 1X ZX	$(F) + 3\theta_4 \Rightarrow (F)$	2Z 20	0 10 00	$9\theta_4; 1/3$
X4	Z Z0 0X	$(F) \Rightarrow (\theta)$	21	0 10 00	$-27\theta_4; i^{-1}$
YW YX	Z Y0 00	$5\pi \Gamma \rightarrow 2$	22 23	0 00 00	A
YY	0 00 XY	$[M_1] \Rightarrow [\Phi_2] \downarrow 3$	24	0 0X 00	$-3\theta_4$
YZ YO	Z 43 30	$(\alpha) \Rightarrow (S) \downarrow 2$	3W 3X	0 00 00	$t_1 \} t$
Y1	Z 01 20	$0\theta_4 00 \Rightarrow (S)$	3Y	0 00 00	$t_2 \}$
Y2 Y3	Z 43 33	$(S) + (\alpha) \Rightarrow (S)$	3Z 30	0 00 00	A_2
Y4	Z 01 33	$(S) + \theta_4 \Rightarrow (S)$	31	0 00 00	} U
ZW ZX	Z 43 Y3	$(S) \Rightarrow (\alpha)$	32 33	0 00 00	
ZY	Z Z1 Z0	$(\beta) \Rightarrow (F)$	34	0 00 00	} U
ZZ ZO	0 00 00	$(\theta) \}$	4W 4X	0 00 00	
Z1	0 00 00	$(\beta) \} \kappa$	4Y	0 00 00	} V
Z2 Z3	Z 44 Z0	$M_0 \Rightarrow (F) \downarrow Bx \cdot I$	4Z 40	0 00 00	
Z4	Z 0Y 10	$5\pi \Gamma \rightarrow 1/2$	41	0 00 00	} V
OW OX	0 00 X4	$[\Phi_0] \Rightarrow [M_0]$	42 43	0 00 00	
OY	Z WX Z0	$Z03 \Rightarrow (F) \downarrow 1/2 \downarrow Bx \cdot I$	44	0 00 00	M_0
OZ OO	0 1X XK	$[1Y] \Rightarrow [\Phi_0]$	KC	0 00 Z2	
O1	0 01 00	$5\pi \Gamma \rightarrow 4$	0 42	3Y	

Дополнительная зона ИП-5.

Подпрограмма для выполнения нормализации.

Зона МБ IY

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX	0 20 00	$18 \varrho_A$	02 03	Z 43 Z0	$(\alpha) \Rightarrow (F)$
WY	0 04 00	$4 \varrho_A$	04	0 03 31	$((\alpha) + 3 \varrho_A) \Rightarrow (F)$
WZ WO	Z 33 30	$U_i \Rightarrow (S); (F) \rightarrow \text{Норм.1W}$	1X	0 3X 20	$\overline{\Pi \varphi}_3 00 \Rightarrow (S)$
W1	Z 2W 40	$CgB(S) \alpha - g \Rightarrow (S)$	1Y	Z 44 Y3	$(S) \Rightarrow M_0$
W2 W3	Z 31 33	$(S) + U_i \Rightarrow (S)$	1Z	10 0 WY Y0	$CgB(S) M_0 4 \Rightarrow (S)$
W4	0 3Y 10	$U \Gamma - 0 \Gamma \rightarrow g$	11	Z 44 3X	$(S) - M_0 \Rightarrow (S)$
XW XX	Z 2Z YX	$\text{Норм}(S) \Rightarrow (\kappa) \rightarrow s$	12 13	Z Z1 Y3	$(S) \Rightarrow (B)$
XY	Z 21 40	$(S) \Rightarrow (S)$	14	0 03 Z1	$((\alpha) + 3 \varrho_A) \Rightarrow (F)$
XZ X0	0 W0 Y3	$(S) \Rightarrow (F)$	2W 2X	Z 44 ZX	$(F) + M_0 \Rightarrow (F)$
X1	Z 32 30	$U_{ij} \Rightarrow (S)$	2Y	Z 44 0X	$(F) \Rightarrow M_0$
X2 X3	0 W0 Y0	$CgB(S) \alpha (F) \Rightarrow (S)$	2Z 20	Z Y0 10	$U \Gamma - 0 \Gamma \rightarrow 2$
X4	Z 32 Y3	$(S) \Rightarrow U_{ij}$	21	Z Y1 00	$B \Gamma \Gamma \rightarrow 3$
YW YX	Z 20 30	$\alpha_i \Rightarrow (S)$	22 23	Z 44 2X	$S_2 \rightarrow 11$
YY	Z 31 Y3	$(S) \Rightarrow U_i$	24	Z W1 00	$B \Gamma \Gamma \rightarrow Bx.IV$
YZ Y0	0 W0 30	$(F) \Rightarrow (S)$	3W 3X	Z 00 44	
Y1	0 41 1X	$U \Gamma - 2 \Gamma \rightarrow 2$	3Y	Z 30 30	$P_{U_i} \Rightarrow (S) \rightarrow 9$
Y2 Y3	Z 30 30	$P_{U_i} \Rightarrow (S) \Gamma \rightarrow 2$	3Z 30	0 WW 3X	$(S) - 18 \varrho_A \Rightarrow (S)$
Y4	0 W0 3X	$(S) - (F) \Rightarrow (S)$	31	Z 30 Y3	$(S) \Rightarrow P_{U_i}$
ZW ZX	Z 30 Y3	$(S) \Rightarrow P_{U_i}$	32 33	Z 34 30	$U_3 \Rightarrow (S)$
ZY	Z 11 20	$\overline{\Pi \varphi} 0000 \Rightarrow (S)$	34	0 Z3 10	$U \Gamma - 0 \Gamma \rightarrow 6$
ZZ Z0	0 00 10	$U \Gamma - 0 \Gamma \rightarrow 10$	4W 4X	Z 03 20	$0 \Rightarrow (F)$
Z1	0 23 1X	$U \Gamma - 2 \Gamma \rightarrow 11$	4Y	Z 32 0X	$(F) \Rightarrow U_{ij}$
Z2 Z3	0 30 20	$-40 \varrho_A \Rightarrow (F) \rightarrow 8$	4Z 40	0 XX 00	$B \Gamma \Gamma \rightarrow 5$
Z4	Z 3Z 0X	$(F) \Rightarrow P_{U_i}; 0 \Rightarrow U_i$	41	Z Z1 30	$\alpha_2 \Rightarrow (S)$
OW OX	Z W4 Y0	$0 \Rightarrow (S)$	42 43	Z 33 Y3	$(S) \Rightarrow U_2$
OY	Z 32 Y3	$(S) \Rightarrow U_{ij}$	44	0 Y3 00	$B \Gamma \Gamma \rightarrow 8$
OZ O0	0 0X Z0	$\overline{ZW} 4 \Rightarrow (F) \rightarrow 10$	KC	0 00 ZZ	
O1	Z 20 0X	$(F) \Rightarrow (F)$	1 2Z	40	

Подпрограмма для выполнения сложения.

Зона МБ IZ

Адрес Команда

Адрес Команда

П₀=0

WW WX	Z 30 Y3	$(S) \Rightarrow P_u$	02 03	Z 4Z Y4	$(S) \Rightarrow V_2^{\oplus}$
WX	0 1Y IX	$[1Y] \Rightarrow [P_0] \leftarrow 3$	04 0	33 Y0	$CqB(S) \mu a - g \Rightarrow (S)$
WZ WO	0 00 00		1W 1X	Z 4W Y4	$(S) \Rightarrow V_1^{\oplus}$
W1	0 00 00	μ	1Y	Z 33 3Z	$U_2^{\oplus} \Rightarrow (S)$
W2 W3	Z 03 20	$0 \Rightarrow (F) \leftarrow \text{делает}$	1Z 10	0 33 Y0	$CqB(S) \mu a - g \Rightarrow (S)$
W4	Z 4X 30	$P_v \Rightarrow (S)$	11	Z 4W 34	$(S) - V_2^{\oplus} \Rightarrow (S)$
XW XX	Z 30 3X	$(S) - P_u \Rightarrow (S)$	12 13	Z 2Z 33	$(S) + \tau \Rightarrow (S)$
XY	0 X3 1X	$47 - 2 \rightarrow 3$	14	Z 2Z Y3	$(S) \Rightarrow \tau$
XZ XO	Z 21 40	$-(S) \Rightarrow (S)$	2W 2X	Z 41 31	$V_3^{\oplus} \Rightarrow (S)$
X1	0 YX 20	$-64 \Rightarrow (S)$	2Y	0 33 Y0	$CqB(S) \mu a - g \Rightarrow (S)$
X2 X3	0 W1 Y3	$(S) \Rightarrow \mu \leftarrow 3$	2Z 20	Z 4W Y4	$(S) \Rightarrow V_1^{\oplus}$
X4	0 20 33	$(S) + 94 \Rightarrow (S)$	21	Z 34 3Z	$U_2^{\oplus} \Rightarrow (S)$
YW YX	0 Z3 13	$47 - 1 \rightarrow 4$	22 23	0 33 Y0	$CqB(S) \mu a - g \Rightarrow (S)$
YY	0 W1 Y3	$(S) \Rightarrow \mu$	24	Z 4W 34	$(S) + V_2^{\oplus} \Rightarrow (S)$
YZ YO	0 20 33	$(S) + 94 \Rightarrow (S)$	3W 3X	Z 32 Y3	$(S) \Rightarrow U_2$
Y1	0 40 13	$47 - 1 \rightarrow 5$	3Y	0 33 Y0	$CqB(S) \mu a - g \Rightarrow (S)$
Y2 Y3	0 W1 Y3	$(S) \Rightarrow \mu$	3Z 30	Z 2Z 33	$(S) + \tau \Rightarrow (S)$
Y4	Z 4Y 31	$V_1^{\oplus} \Rightarrow (S)$	31	Z 31 Y3	$(S) \Rightarrow U_1$
ZW ZX	0 33 Y0	$CqB(S) \mu a - g \Rightarrow (S)$	32 33	0 30 Y0	$CqB(S) \mu a - g \Rightarrow (S)$
ZX	Z 4Z Y4	$(S) \Rightarrow V_2^{\oplus} \leftarrow 6$	34	Z 33 Y3	$(S) \Rightarrow U_2$
ZZ ZO	0 10 Y0	$0 \Rightarrow (S)$	4W 4X	Z 30 3Z	$P_u^{\oplus} \Rightarrow (S)$
Z1	Z 4W Y4	$(S) \Rightarrow V_1^{\oplus}$	4Y	0 WX 00	$57 \rightarrow 7$
Z2 Z3	Z 4Y 31	$V_1^{\oplus} \Rightarrow (S) \leftarrow 4$	4Z 40	Z 40 31	$V_2^{\oplus} \Rightarrow (S) \leftarrow 5$
Z4	0 W1 Y0	$CqB(S) \mu a \mu \rightarrow (S)$	41	0 33 Y0	$CqB(S) \mu a - g \Rightarrow (S)$
OW OX	Z 31 32	$(S) + U_1^{\oplus} \Rightarrow (S)$	42 43	Z 4Y 34	$(S) + V_1^{\oplus} \Rightarrow (S)$
OY	Z 2Z Y3	$(S) \Rightarrow \tau$	44	0 ZY 0C	$57 \rightarrow 6$
OZ OO	Z 4Z 31	$V_1^{\oplus} \Rightarrow (S)$	HC	0 00 2Z	
O1	0 W1 Y0	$CqB(S) \mu a \mu \rightarrow (S)$	0	3Y WO	

Подпрограмма для выполнения действий типа сложения.

Зона МБ IO

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WV WX	0 00 00		02 03	Z 31 40	$(s)U_i \Rightarrow (s)$
WY	0 00 00		04	Z 31 Y3	$(s) \Rightarrow U_i$
WZ WO	0 00 00	μ	1W 1X	0 W0 30	$\mu \Rightarrow (s)$
W1	0 1Z YX	$[Z] \Rightarrow [Q_2] - 1_2$	1Y	Z 32 40	$(s)U_{\bar{Y}} \Rightarrow (s)$
W2 W3	Z 31 30	$U_i \Rightarrow (s) \rightarrow \frac{000}{80/4}$	1Z 10	Z 32 X3	$(s) \Rightarrow U_{\bar{Y}}$
W4	Z 21 40	$-(s) \Rightarrow (s)$	11	Z 4Y 30	$V_i \Rightarrow (s)$
XW XX	Z 31 Y3	$(s) \Rightarrow U_i$	12 13	Z 21 20	$-sign V_i \Rightarrow (s)$
XY	Z 32 30	$U_{\bar{Y}} \Rightarrow (s)$	14	0 ZX 00	$БП \rightarrow 1$
YZ XO	Z 21 40	$-(s) \Rightarrow (s)$	2W 2X	0 00 00	
X1	Z 32 Y3	$(s) \Rightarrow U_{\bar{Y}}$	2Y	0 00 00	
X2 X3	0 W1 00	$БП \rightarrow 2$	2Z 20	0 00 00	
X4	Z 31 30	$U_i \Rightarrow (s) \rightarrow \frac{000}{80/4}$	21	0 X0 00	} -1
YW YX	Z 21 40	$-(s) \Rightarrow (s)$	22 23	0 00 00	
YY	Z 31 30	$(s) \Rightarrow U_i$	24	0 00 00	
YZ YO	Z 32 30	$U_{\bar{Y}} \Rightarrow (s)$	3W 3X	0 00 00	} 1/2
Y1	Z 21 40	$-(s) \Rightarrow (s)$	3Y	0 2W WW	
Y2 Y3	Z 32 Y3	$(s) \Rightarrow U_{\bar{Y}}$	3Z 30	Z WW WW	
Y4	Z 21 30	$\rightarrow \Rightarrow (s) \rightarrow \text{Бвч.}$	31	Z WW WW	
ZW ZX	0 W0 Y3	$(s) \Rightarrow \mu \rightarrow 1$	32 33	0 00 00	} 1
ZY	Z 4Y 40	$(s)V_i \Rightarrow (s)$	34	0 30 00	
ZZ ZO	Z 4Y Y3	$(s) \Rightarrow V_i$	4W 4X	0 00 00	} 2
Z1	0 W0 30	$\mu \Rightarrow (s)$	4Y	0 00 00	
Z2 Z3	Z 4Z 40	$(s)V_{\bar{Y}} \Rightarrow (s)$	4Z 40	0 01 00	
Z4	Z 4Z Y3	$(s) \Rightarrow V_{\bar{Y}}$	41	0 20 00	
OW OX	0 W1 00	$БП \rightarrow 2$	42 43	0 00 00	} 2
OY	Z 31 30	$U_i \Rightarrow (s) \rightarrow \frac{000}{80/4}$	44	0 00 00	
OZ OO	Z 2Y 20	$sign U_i \Rightarrow (s)$	KC	0 00 Z2	
O1	0 W0 Y3	$(s) \Rightarrow \mu$		Z 1X Y3	

Подпрограмма для выполнения умножения.

Зона МБ 11

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX	0 0Y 00	$-2G_1$	02 03	Z ZZ Y3	$(s) \Rightarrow \kappa$
WY	0 1Y IX	$[1Y] \Rightarrow [Q_0]^{-1} 1$	04	Z 33 30	$U_2 \Rightarrow (s)$
WZ WO	Z 30 30	$A_1 \Rightarrow (s) \leftarrow \text{УМН.}$	1W 1X	0 WX Y0	$Cgb(s) \text{ на } -2 \Rightarrow (s)$
W1	Z 4X 33	$(s) + P_V \Rightarrow (s)$	1Y	Z 40 40	$(s) V_2 \Rightarrow (s)$
W2 W3	Z 30 Y3	$(s) \Rightarrow A_2$	1Z 10	Z ZZ 33	$(s) + \kappa \Rightarrow (s)$
W4	Z 40 30	$V_2 \Rightarrow (s)$	11	Z ZZ Y3	$(s) \Rightarrow \kappa$
XW XX	0 WX Y0	$Cgb(s) \text{ на } -2 \Rightarrow (s) \left. \vphantom{Cgb(s)} \right\} L$	12 13	Z 34 30	$U_3 \Rightarrow (s)$
XY	Z 31 40	$(s) U_1 \Rightarrow (s)$	14	0 WX Y0	$Cgb(s) \text{ на } -2 \Rightarrow (s)$
XZ XO	0 XW Y3	$(s) \Rightarrow t$	2W 2X	Z 4Y 40	$(s) V_1 \Rightarrow (s)$
X1	Z 33 30	$U_2 \Rightarrow (s)$	2Y	Z ZZ 33	$(s) + \kappa \Rightarrow (s)$
X2 X3	0 WX Y0	$Cgb(s) \text{ на } -2 \Rightarrow (s)$	2Z 20	0 01 Y0	$Cgb(s) \text{ на } -7 \Rightarrow (s)$
X4	Z 4Y 40	$(s) V_1 \Rightarrow (s)$	21	0 XY 23	$t_2 \Rightarrow (R)$
YW YX	0 XW 33	$(s) + t \Rightarrow (s)$	22 23	Z 13 43	$(R) 3^{-2} + (s) \Rightarrow (s)$
YY	0 XW Y3	$(s) \Rightarrow t$	24	Z 32 Y3	$(s) \Rightarrow U_{ij}$
YZ YO	Z 33 30	$U_2 \Rightarrow (s)$	3W 3X	0 XX 30	$t_1 \Rightarrow (s)$
Y1	0 WX Y0	$Cgb(s) \text{ на } -2 \Rightarrow (s)$	3Y	0 01 Y0	$Cgb(s) \text{ на } -7 \Rightarrow (s)$
Y2 Y3	Z 41 40	$(s) V_3 \Rightarrow (s)$	3Z 30	Z 32 23	$U_{ij} \Rightarrow (R)$
Y4	Z ZZ Y3	$(s) \Rightarrow \kappa$	31	Z 2W 43	$(R) 3^{-9} + (s) \Rightarrow (s)$
ZW ZX	Z 34 30	$U_3 \Rightarrow (s)$	32 33	Z ZZ Y3	$(s) \Rightarrow \kappa$
ZY	0 WX Y0	$Cgb(s) \text{ на } -2 \Rightarrow (s)$	34	Z 31 30	$U_1 \Rightarrow (s)$
ZZ ZO	Z 40 40	$(s) V_2 \Rightarrow (s)$	4W 4X	Z 4Y 40	$(s) U_1 \Rightarrow (s)$
Z1	Z ZZ 33	$(s) + \kappa \Rightarrow (s)$	4Y	Z ZZ 33	$(s) + \kappa \Rightarrow (s)$
Z2 Z3	Z 2W 40	$Cgb(s) \text{ на } -9 \Rightarrow (s) \left. \vphantom{Cgb(s)} \right\} K$	4Z 40	Z 31 Y3	$(s) \Rightarrow U_1$
Z4	0 2Z Y3	$(s) \Rightarrow \kappa$	41	Z 20 Y0	$Cgb(s) \text{ на } 9 \Rightarrow (s)$
OW OX	Z 31 30	$U_1 \Rightarrow (s)$	42 43	Z 33 Y3	$(s) \Rightarrow U_2$
OY	0 WX Y0	$Cgb(s) \text{ на } -2 \Rightarrow (s)$	44	0 WY 00	$BN \Gamma \rightarrow 1$
OZ OO	Z 41 40	$(s) V_3 \Rightarrow (s)$	KC	0 00 ZY	
O1	0 2Z 33	$(s) + K \Rightarrow (s)$	1	Z4 Y0	

Подпрограмма для выполнения деления (начало).

Подпрограмма вычисления функций $\sin u$, $\cos u$
(продолжение).

Зона МБ 12

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX 1 3Y XX $[3Y] \Rightarrow [F]$ $\leftarrow 4$	02 03 0 X0 0Y $-a_1 = -1,00074$
WY 0 1Y XX $[1Y] \Rightarrow [F_0]$	04 0 3Z X0 $a_2 = 0,957043$
WZ W0 0 2W WW $\left. \begin{array}{l} W1 Z WW WW \\ W2 W3 0 13 XX [13] \Rightarrow [F_0] \leftarrow 6 \end{array} \right\} B$	1W 1X Z 44 14 $-a_3 = -1,51258$
W4 Z 31 30 $U_1 \Rightarrow (S) \leftarrow 3$	1Y Z 4Y 30 $V_1 \Rightarrow (S) \leftarrow \Delta \text{ен.}$
XW XX 0 WX 10 $4\pi - 0 \leftarrow 4$	1Z 10 0 01 10 $4\pi - 0 \leftarrow 1$
XY Z 32 30 $U_2 \Rightarrow (S)$	11 0 WZ 20 $\sigma - h \Rightarrow (S)$
XZ X0 0 Y1 00 $5\pi \leftarrow 5$	12 13 Z 2Z Y3 $(S) \Rightarrow \pi$
X1 Z 21 40 $-(S) \Rightarrow (S)$	14 Z 4Y 40 $1 - h^2 \Rightarrow (S)$
X2 X3 Z 32 Y3 $(S) \Rightarrow U_{II}$	2W 2X Z 21 33 $-h^2 \Rightarrow (S)$
X4 Z 32 30 $U_{II} \Rightarrow (S)$	2Y 0 1X 40 $-h^2 \Rightarrow (R); -a_3 h^2 \Rightarrow (S)$
YW YX 0 W4 10 $4\pi - 0 \leftarrow 3$	2Z 20 0 04 33 $a_2 + (S) \Rightarrow (S)$
YY Z 4Z Y3 $(S) \Rightarrow V_2 \leftarrow 5$	21 0 03 4X $-a_1 + (S)(R) \Rightarrow (S)$
YZ Y0 1 42 Y3 $(S) \Rightarrow Z_{II}$	22 23 Z 2Y 4X $1 + (S)(R) \Rightarrow (S)$
Y1 Z 31 30 $U_1 \Rightarrow (S)$	24 Z 21 4X $-1 + (S)(R) \Rightarrow (S)$
Y2 Y3 Z 4Y Y3 $(S) \Rightarrow V_1$	3W 3X Z 2Z 40 $(S) \Rightarrow (S)$
Y4 1 41 Y3 $(S) \Rightarrow Z_1$	3Y Z 4Y 40 $(S) V_1 \Rightarrow (S)$
ZW ZX Z 2X 20 $0 \Rightarrow (F)$	3Z 30 0 WZ 20 $-2 - (S) \Rightarrow (S)$
ZY 0 W2 0X $(F) \Rightarrow b_1$	31 Z 2X 4X $0 + (S)(R) \Rightarrow (S)$
ZZ Z0 0 XX 0X $(F) \Rightarrow b_3$	32 33 Z 2Z Y3 $(S) \Rightarrow \pi$
Z1 Z 23 03 $(C) \Rightarrow A$	34 Z 4Z 30 $V_{II} \Rightarrow (S)$
Z2 Z3 1 WX 00 $5\pi \leftarrow \text{сх.торн.}$	4W 4X 0 01 Y0 $\text{Cgb}(S) \text{ на } -2 \Rightarrow (S) \left. \right\} K$
Z4 Z 31 30 $U_1 \Rightarrow (S)$	4Y Z 2Z 40 $(S) \Rightarrow (S)$
OW OX Z 20 40 $\text{Cgb}(S) \text{ на } -1 \Rightarrow (S)$	4Z 40 0 4W Y3 $(S) \Rightarrow K$
OY Z 4Y Y3 $(S) \Rightarrow V_1$	41 0 4W 40 $(S) \cdot K \Rightarrow (S)$
OZ 00 0 2X XX $[2Y] \Rightarrow [F_0]$	42 43 0 4W 40 $(S) \cdot K \Rightarrow (S)$
01 0 0Y 2X $\Omega_1 \leftarrow 1$	44 0 W3 00 $5\pi \leftarrow 6$
	KC 0 00 Z3
	1 ZX 0X

Подпрограмма для выполнения деления (окончание).

Зона МБ 13

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX 0 00 Z0 -3^{-5}	02 03 Z ZZ 40 $(s) \tau \Rightarrow (s)$
WY 0 11 XX $[11] \Rightarrow [\Phi_0] \wedge 1$	04 Z 32 Y4 $(s) \Rightarrow U_i^{\oplus}$
WZ WO Z WW WW } B	1W 1X Z 2W 40 $CqB(s) \text{ на } -9 \Rightarrow (s)$
W1 Z X0 00	1Y 0 YW 23 $t \Rightarrow (R)$
W2 W3 0 Z2 00 $-4a$	1Z 10 Z 21 43 $-(R) + (s) \Rightarrow (s)$
W4 0 W3 Y0 $CqB(s) \text{ на } -7 \Rightarrow (s)$	11 Z 31 Y4 $(s) \Rightarrow U_i^{\oplus}$
XW XX Z 21 43 $(R)(-1) + (s) \Rightarrow (s)$	12 13 Z 20 Y0 $CqB(s) \text{ на } 9 \Rightarrow (s)$
XY 0 WX 40 $-3^{-5}(s) \Rightarrow (s)$	14 Z 33 Y4 $(s) \Rightarrow U_i^{\oplus}$
XZ XO 0 XW Y3 $(s) \Rightarrow \tau$	2W 2X Z 21 ZX $(F) - 27a \Rightarrow (F)$
X1 Z 4Z 30 $V_i \Rightarrow (s); K_i$	2Y 0 Y3 10 $477 - 0 \Gamma^{-2}$
X2 X3 Z 14 Y0 $CqB(s) \text{ на } -2 \Rightarrow (s)$	2Z 20 0 X2 30 $K_i \Rightarrow (s)$
X4 0 X1 Y3 $(s) \Rightarrow t_i$	21 Z 13 40 $CqB(s) \text{ на } -7 \Rightarrow (s)$
YW YX Z 42 30 $V_i \Rightarrow (s)$	22 23 0 XW 3X $(s) - \tau \Rightarrow (s)$
YY Z 00 Y0 $CqB(s) \text{ на } 7 \Rightarrow (s)$	24 Z 4Z Y3 $(s) \Rightarrow V_i$
YZ YO 0 Y2 Y3 $(s) \Rightarrow K_i$	3W 3X Z 2W 40 $CqB(s) \text{ на } -9 \Rightarrow (s)$
Y1 Z 2Y 20 $27a \Rightarrow (F)$	3Y 0 X1 23 $K_i \Rightarrow (R)$
Y2 Y3 Z 33 31 $U_i^{\oplus} \Rightarrow (s) \wedge 2$	3Z 30 Z 13 43 $(R) \cdot 3^{-7} + (s) \Rightarrow (s)$
Y4 Z 2W 40 $CqB(s) \text{ на } -9 \Rightarrow (s)$	31 Z 21 23 $-1 \Rightarrow (R)$
ZW ZX Z 31 34 $(s) + U_i^{\oplus} \Rightarrow (s)$	32 33 Z 2Y 4X $(R)(s) t_i \Rightarrow (s)$
ZY 0 W2 Y3 $(s) \Rightarrow p$	34 Z 4Y Y3 $(s) \Rightarrow V_i$
ZZ ZO Z ZZ 40 $(s) \tau \Rightarrow (s)$	4W 4X Z 20 Y0 $CqB(s) \text{ на } 9 \Rightarrow (s)$
Z1 0 WZ 20 $(s) \otimes B \Rightarrow (s)$	4Y Z 40 Y3 $(s) \Rightarrow V_i$
Z2 Z3 0 YW Y3 $(s) \Rightarrow t$	4Z 40 Z 4X 30 $P_i \Rightarrow (s)$
Z4 Z 4Y 40 $(s) V_i \Rightarrow (s)$	41 Z 21 40 $-(s) \Rightarrow (s)$
OW OX 0 W2 33 $(s) + p \Rightarrow (s)$	42 43 0 14 XX $[14] \Rightarrow [\Phi_0]$
OY Z 20 Y0 $CqB(s) \text{ на } 9 \Rightarrow (s)$	44 0 WY 00 $511 \Gamma^{-1}$
OZ 00 Z 34 24 $U_i^{\oplus} \Rightarrow (R)$	KC 0 00 ZY
O1 Z 2W 43 $(R) \cdot 3^{-9} + (s) \Rightarrow (s)$	0 30 WW

Подпрограмма извлечения квадратного корня
(начало).

Зона МБ 14

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX 0 ZW WW	$\left. \begin{matrix} -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \end{matrix} \right\}$	02 03 Z ZZ 30	$\kappa \Rightarrow (s) \rightarrow 4$
WY Z WW WW		04 0 ZZ Y3	$(s) \Rightarrow \beta$
WZ W0 Z 30 30	$P_u \Rightarrow (s) \sqrt{U}$	1W 1X 0 ZZ 40	$(s) \beta \Rightarrow (s)$
W1 0 WW 40	$-\frac{1}{2}(s) \Rightarrow (s)$	1Y 0 ZZ 40	$(s) U_I \Rightarrow (s)$
W2 W3 Z 0X 33	$(s) - \frac{1}{3} e_A \Rightarrow (s)$	1Z 10 Z 11 33	$(s) - 3 \Rightarrow (s)$
W4 0 W0 Y3	$(s) \Rightarrow \rho$	11 0 WW 40	$-\frac{1}{2}(s) \Rightarrow (s)$
XW XX 0 W0 Z0	$\rho \Rightarrow (F)$	12 13 0 Z2 40	$(s) \beta \Rightarrow (s)$
XY Z 30 ZX	$(F) + P_u \Rightarrow (F)$	14 Z ZZ Y3	$(s) \Rightarrow \tau$
XZ X0 Z 30 0X	$(F) \Rightarrow P_u$	2W 2X 0 Z2 3X	$(s) - \beta \Rightarrow (s)$
Y1 0 W0 ZX	$(F) + \rho \Rightarrow (F)$	2Y 0 3Z 20	$(s) \otimes A \Rightarrow (s)$
X2 X3 0 ZY 10	$U_I - 0 \rightarrow 1$	2Z 20 0 03 13	$U_I - 1 \rightarrow 4$
Y4 Z 33 30	$U_2 \Rightarrow (s)$	21 0 ZZ 30	$t \Rightarrow (s)$
YW YX Z 2W 40	$CgB(s) \text{ на } g \Rightarrow (s)$	22 23 Z ZZ 40	$(s) \tau \Rightarrow (s); U_I \Rightarrow (R)$
YY Z 31 33	$(s) + U_i \Rightarrow (s)$	24 Z 20 Y0	$CgB(s) \text{ на } g \Rightarrow (s)$
YZ Y0 Z 01 Y0	$CgB(s) \text{ на } 1 \Rightarrow (s)$	3W 3X 0 33 20	$(s) \otimes C \Rightarrow (s)$
Y1 Z 31 Y3	$(s) \Rightarrow U_i$	3Y 0 2W IX	$[2W] \Rightarrow [\Phi_0]$
Y2 Y3 Z 32 30	$U_3 \Rightarrow (s)$	3Z 30 1 44 44	} A
Y4 Z 01 Y0	$CgB(s) \text{ на } 1 \Rightarrow (s)$	31 1 44 40	
ZW ZX Z 32 Y3	$(s) \Rightarrow U_3$	32 33 0 44 44	C
ZY Z 33 30	$U_2 \Rightarrow (s) \rightarrow 1$	34 0 13 2X	$\sqrt{g} - \sigma; \Omega_2 \rightarrow 3$
ZZ Z0 Z 2W 40	$CgB(s) \text{ на } g \Rightarrow (s)$	4W 4X Z 4X Y3	$(s) \Rightarrow P_V \rightarrow 5$
Z1 Z 31 33	$(s) + U_i \Rightarrow (s)$	4Y Z 41 30	$V_3 \Rightarrow (s)$
Z2 Z3 0 Z2 Y3	$(s) \Rightarrow t$	4Z 40 Z 21 40	$-(s) \Rightarrow (s)$
Z4 0 00 13	$U_I - 1 \rightarrow 2$	41 Z 41 Y3	$(s) \Rightarrow V_3$
OW OX 0 34 1X	$U_I - Z \rightarrow 3$	42 43 0 13 XX	$[13] \Rightarrow [\Phi_0]$
OY 0 1Y XX	$[1Y] \Rightarrow [\Phi_0]$	44 0 4X 00	$b \Gamma \rightarrow 5$
OZ 00 0 34 30	$\sqrt{g} \Rightarrow (s) \rightarrow 2$	KC 0 00 Z3	
01 Z ZZ Y3	$(s) \Rightarrow \tau$	Z 4X 10	

Подпрограмма извлечения квадратного корня
(окончание).

Зона МБ 2W

Адрес Команда

Адрес Команда

$P_0=0$

WW WX	1 X0 00	Z		02 03	Z 2W 40	$Cgb(s) на g \Rightarrow (s)$
WY	0 1X 1X	$[1Y] \Rightarrow [P_0] \rightarrow 1?$		04	0 4W 33	$(s) + y \Rightarrow (s)$
WZ W0	0 WX 40	$2(s) \Rightarrow (s) \rightarrow 6$		1W 1X	Z 31 Y3	$(s) \Rightarrow U_1$
W1	0 42 Y3	$(s) \Rightarrow \mu$		1X	Z 20 Y0	$Cgb(s) на g \Rightarrow (s)$
W2 W3	0 30 30	$\tau \Rightarrow (s)$		1Z 10	Z 33 Y3	$(s) \Rightarrow U_2$
W4	0 30 40	$(s)\tau \Rightarrow (s)$		11	0 WY 00	$БП \rightarrow ?$
XW XX	Z 2W 40	$Cgb(s) на g \Rightarrow (s)$		12 13	0 00 00	
XY	0 42 33	$(s) + \mu \Rightarrow (s)$		14	0 00 00	
IX X0	0 42 Y3	$(s) \Rightarrow \mu$		2W 2X	0 WW 00	} 0
X1	0 40 30	$\rho_1 \Rightarrow (s)$		2Y	0 00 00	
I2 X3	0 4Z 40	$(s)\rho \Rightarrow (s)$		2Z 20	0 00 00	
I4	0 42 23	$\mu \Rightarrow (R)$		21	0 00 00	} B
IW YX	Z 2W 43	$(R)3^{-g} + (s) \Rightarrow (s)$		22 23	1 44 44	
IY	0 32 3X	$(s) - \gamma \Rightarrow (s)$		24	1 00 00	} 1/2
I2 Y0	0 32 Y3	$(s) \Rightarrow \gamma$		3W 3X	0 2W WW	
Y1	0 41 30	$\rho_2 \Rightarrow (s)$		3Y	Z WW WW	
I2 Y3	Z 2W 40	$Cgb(s) на g \Rightarrow (s)$		3Z 30	0 30 Y3	$(s) \Rightarrow \tau; \tau$
I4	0 4Z 40	$(s)\rho \Rightarrow (s)$		31	Z 2X 30	$0 \Rightarrow (s)$
ZW ZX	0 32 33	$(s) + \gamma \Rightarrow (s)$		32 33	Z 2Y 43	$(R) + (s) \Rightarrow (s)$
ZY	Z 20 Y0	$Cgb(s) на g \Rightarrow (s)$		34	0 32 Y3	$(s) \Rightarrow \delta$
ZZ Z0	0 44 23	$\mu_2 \Rightarrow (R)$		4W 4X	Z 2Z 40	$(s) \cdot \epsilon \Rightarrow (s)$
Z1	Z 2W 43	$(R)3^{-g} + (s) \Rightarrow (s)$		4Y	0 4W Y3	$(s) \Rightarrow y$
Z2 Z3	Z 21 40	$-(s) \Rightarrow (s)$		4Z 40	0 22 20	$(s) \otimes B \Rightarrow (s)$
Z4	Z 34 23	$U_3 \Rightarrow (R)$		41	0 4Z Y3	$(s) \Rightarrow \rho$
OW OX	Z 2W 43	$(R)3^{-g} + (s) \Rightarrow (s)$		42 43	0 30 40	$\tau \Rightarrow (s)$
OY	Z 2Z 40	$(s) \cdot \epsilon \Rightarrow (s)$		44	0 W0 00	$БП \rightarrow 6$
OZ O0	0 3W 40	$1/2 (s) \rightarrow (s)$		HC	0 00 OY	} \mu
O1	Z 32 Y3	$(s) \Rightarrow U_H$		1 1Z	ZW	

Подпрограмма вычисления функций $\sin u$, $\cos u$
(начало).

Зона МБ 2X

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

NW WX 1 WW WW } $\frac{3}{2}$	02 03 0 IX 30 $\frac{2}{3} \Rightarrow (s)$
WY Z WW WW } $\frac{3}{2}$	04 Z 4Y Y3 $(s) \Rightarrow V_1$
WZ W0 Z 31 Y3 $(s) \Rightarrow U_1 \rightarrow 3$	1W 1X Z 2X Z0 $0 \Rightarrow (F)$
W1 0 XY 00 $5\pi \rightarrow 4$	1Y Z 4Z 0X $(F) \Rightarrow V_2$
W2 W3 Z 24 14 } $\frac{9}{2\pi}$ } β	1Z 10 Z 23 03 $(c) \Rightarrow A$
W4 0 XY X3 } $\frac{9}{2\pi}$ } β	11 1 WX 00 $5\pi \rightarrow \text{сх. Горн}$
XY YX 0 43 X1 } $\frac{9}{2\pi}$ } β	12 13 0 X4 Z0 $\beta \Rightarrow (F)$
YY Z 32 30 $U_2 \Rightarrow (s) \rightarrow 4$	14 0 31 1X $4\pi - Z \rightarrow 1$
XZ X0 0 12 XX $[12] \Rightarrow [\varphi_0]$	2W 2X Z 2Y 30 $1 \Rightarrow (s)$
X1 0 20 00 $\frac{2}{3}$	2Y Z 4Y Y3 $(s) \Rightarrow V_1$
X2 X3 0 12 XX $[12] \Rightarrow [\varphi_0]$	2Z 20 0 WW 30 $(\frac{3}{2})_X \Rightarrow (s)$
X4 Z 2X Z0 $0 \Rightarrow (F); \beta, \gamma \rightarrow \cos$	21 0 W2 Y3 $(s) \Rightarrow \beta_2$
YW YX 0 X4 0X $(F) \Rightarrow \beta$	22 23 0 WY 30 $(\frac{3}{2})_3 \Rightarrow (s)$
YY 1 3Y X3 $[\varphi] \Rightarrow [3Y] \rightarrow \sin$	24 0 XX Y3 $(s) \Rightarrow \beta_3$
YZ Y0 1 3X X1 $[3X] \Rightarrow [\varphi]$	3W 3X Z 2Y Z0 $0 \Rightarrow (F)$
Y1 0 YX 30 } $\frac{9}{2\pi} \Rightarrow V$	3Y Z 23 03 $(c) \Rightarrow A$
Y2 Y3 Z 4Y Y3 } $\frac{9}{2\pi} \Rightarrow V$	3Z 30 1 WX 00 $5\pi \rightarrow \text{сх. Горн.}$
Y4 0 W2 30 } $\frac{9}{2\pi} \Rightarrow V$	31 Z 31 30 $U_1 \Rightarrow (s) \rightarrow 1$
ZW ZX Z 4Z Y3 } $\frac{9}{2\pi} \Rightarrow V$	32 33 Z 11 20 $(s) \oplus B \Rightarrow (s)$
ZY Z 2X Z0 $0 \Rightarrow (F)$	34 0 X4 Y3 $(s) \Rightarrow \gamma$
ZZ Z0 0 W2 0X $(F) \Rightarrow \beta_1$	4W 4X Z 31 33 $(s) + U_1 \Rightarrow (s)$
Z1 0 XX 0X $(F) \Rightarrow \beta_3$	4Y Z 31 Y3 $(s) \Rightarrow U_1$
Z2 Z3 Z 23 03 $(c) \Rightarrow A$	4Z 40 0 X4 Z0 $\gamma \Rightarrow (F)$
Z4 1 WX 00 $5\pi \rightarrow \text{сх. Горн.}$	41 0 X3 10 $4\pi - 0 \rightarrow 2$
OW OX 1 3W YX $[3W] \Rightarrow [\varphi]$	42 43 Z 21 40 $-(s) \Rightarrow (s)$
OY Z 23 03 $(c) \Rightarrow A$	44 0 W0 00 $5\pi \rightarrow 3$
OZ 00 1 YX 00 $5\pi \rightarrow \text{сгб. Уна } P_u$	KC 0 00 Z4
01. 1 3X X1 $[3X] \Rightarrow [\varphi]$	1 W1 0X

Подпрограмма вычисления функций $\sin u$, $\cos u$
(окончание).

Зона МБ 2Y

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX 1 3Y XX $[3Y] \Rightarrow [\varphi]_{-1} z$	02 03 Z 32 23 $U_{\bar{z}} \Rightarrow (R)$
WY 0 1Y XX $[1Y] \Rightarrow [\varphi_2]$	04 Z 20 43 $(R) \cdot 3^{-1} + (S) \Rightarrow (S)$
WZ W0 0 00 3Z	1W 1X Z 4Z Y3 $(S) \Rightarrow V_{\bar{z}}$
W1 1 44 ZY $(b_6)_I$	1Y Z 2X 30 $0 \Rightarrow (S)$
W2 W3 0 00 00	1Z 10 Z 31 Y3 $(S) \Rightarrow U_{\bar{z}}$
W4 0 Y2 Z0 b_5	11 0 W2 30 $(b_6)_{\bar{z}} \Rightarrow (S)$
XW XX 1 0X Z1	12 13 Z 32 Y3 $(S) \Rightarrow U_{\bar{z}}$
XY 0 00 00	14 0 Z4 Z0 $K \Rightarrow (F)_{-1} 6$
XZ X0 0 00 02	2W 2X 0 Y1 ZX $(F) + 6Q_A \Rightarrow (F)$
X1 1 XZ 0W b_4	2Y 0 Z4 0X $(F) \Rightarrow K$
X2 X3 1 YZ 10	2Z 20 Z 23 03 $(C) \Rightarrow A$
X4 0 0Z 00 $-e_A$	21 1 WX 00 $6\pi \rightarrow Cx. \text{Горн}$
YW YX 0 0Z 4W	22 23 0 Z4 Z0 $K \Rightarrow (F)$
YY 1 34 X1 b_3	24 0 ZY Z1 $(F) - 30Q_A \Rightarrow (F)$
YZ Y0 0 XW 20	3W 3X 0 14 1X $4\pi - Z \rightarrow 6$
Y1 0 1X 00 $6Q_A$	3Y 1 41 30 $Z_{\bar{z}} \Rightarrow (S)$
Y2 Y3 0 1Z XZ b_2	3Z 30 Z 4Y Y3 $(S) \Rightarrow V_{\bar{z}}$
Y4 Z 1X XY b_2	31 1 42 30 $Z_{\bar{z}} \Rightarrow (S)$
ZW ZX Z XW Z1	32 33 Z 4Z Y3 $(S) \Rightarrow V_{\bar{z}}$
ZY 0 XX 00 $30Q_A$	34 0 W2 0X $(F) \Rightarrow (b_5)_I$
ZZ Z0 Z 4Y 44	4W 4X 0 YX 0X $(F) \Rightarrow (b_5)_z$
Z1 Z 2Z 2X b_1	4Y Z 23 03 $(C) \Rightarrow A$
Z2 Z3 0 YX YW	4Z 40 1 WX 00 $6\pi \rightarrow Cx. \text{Горн}$
Z4 0 Z3 00 $K = -6Q_A$	41 0 X4 Z0 $-e_A \Rightarrow (F)$
OW OX 1 04 Y4	42 43 Z 30 0X $(F) \Rightarrow P_{\bar{z}}$
OY Z 0Z 12 $b_0 \approx \pi$	44 0 WX 00 $6\pi \rightarrow x$
OZ 00 1 32 44	КС 0 00 0Z
01 Z 20 Y0 $6Q_B (S) \text{ на } 9 \Rightarrow (S)$	0 YZ 0Y

Подпрограмма вычисления функций e^u (начало).

Зона МБ 2Z

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX	0 00 00		02 03	1 XX 00	$B\Gamma \rightarrow C\delta B\Gamma \text{ на } P_u$
WY	0 00 00		04	0 XY Z0	$\beta \Rightarrow (F)$
WZ W0	1 3Y X3	$[F] \Rightarrow [3Y] \text{ на } exp$	1W 1X	Z 30 0X	$(F) \Rightarrow P_u$
W1	1 3X XX	$[3X] \Rightarrow [F]$	1Y	1 3X XX	$[3X] \Rightarrow [F]$
W2 W3	Z 30 30	$P_u \Rightarrow (S)$	1Z 10	Z 31 30	$U_i \Rightarrow (S)$
W4	0 0Y 33	$(S) - 4\varphi \Rightarrow (S)$	11	Z 01 Y0	$C\delta B(S) \text{ на } 1 \Rightarrow (S)$
XW XX	0 Z3 13	$4\Gamma - 1 \rightarrow 1$	12 13	1 41 Y0	$C\delta B(S) \text{ на } 2 \Rightarrow (S)$
XY	0 XY Y3	$(S) \Rightarrow \beta$	14	Z 4Y Y3	$(S) \Rightarrow V_i$
XZ X0	0 3Y 30		2W 2X	Z 20 Y0	$C\delta B(S) \text{ на } 9 \Rightarrow (S)$
X1	Z 4Y Y3	$\left. \begin{array}{l} \frac{3}{\ln 3} \Rightarrow V \\ \ln 3 \end{array} \right\} B$	2Y	Z 32 23	$U_i \Rightarrow (R)$
X2 X3	0 3Z 30		2Z 20	Z 20 43	$(R) \cdot 3^{-4} (S) \Rightarrow (S)$
X4	Z 4Z Y3		21	Z 4Z Y3	$(S) \Rightarrow V_i$
YW YX	Z 2X Z0	$0 \Rightarrow (F)$	22 23	Z 2X 30	$(B_{0i}) \Rightarrow (S)$
YY	0 W2 0X	$(F) \Rightarrow B_i$	24	Z 31 Y3	$(S) \Rightarrow U_i$
YZ Y0	0 XX 0X	$(F) \Rightarrow B_3$	3W 3X	0 20 XX	$[20] \Rightarrow [F_0]$
Y1	Z 23 03	$(C) \Rightarrow A$	3Y	1 Z2 YW	$\left. \begin{array}{l} \frac{3}{\ln 3} \\ \ln 3 \end{array} \right\}$
Y2 Y3	1 WX 00	$B\Gamma \rightarrow C\delta \text{ на } \Gamma$	3Z 30	0 21 30	
Y4	Z 31 30	$U_i \Rightarrow (S)$	31	0 3W 20	$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{10} \\ \ln 3 \end{array} \right\}$
ZW ZX	0 XY Y0	$C\delta B(S) \text{ на } \beta \Rightarrow (S)$	32 33	0 0Y 00	
ZY	0 XY Y3	$(S) \Rightarrow \beta \rightarrow 2$	34	0 3X 3X	
ZZ Z0	0 00 00	$B\Gamma \rightarrow 4$	4W 4X	1 Z1 Z1	$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{10} \\ \ln 3 \end{array} \right\}$
Z1	0 1Y XX	$[1Y] \Rightarrow [F_0]$	4Y	0 X3 X3	
Z2 Z3	Z 31 30	$U_i \Rightarrow (S)$	4Z 40	0 01 00	$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{10} \\ \ln 3 \\ \ln 3 \end{array} \right\} \mathcal{F}$
Z4	0 ZY 10	$4\Gamma - 0 \rightarrow 2$	41	0 31 24	
OW OX	0 Z1 1X	$4\Gamma - 2 \rightarrow 3$	42 43	1 X0 X4	
OY	0 OW 2X	Ω_2	44	Z 41 Y4	
OZ 00	1 3W XX	$[3W] \Rightarrow [F] \rightarrow 4$	KC	0 00 0Z	
O1	Z 23 03	$(C) \Rightarrow A$		Z 32 33	

Подпрограмма вычисления функций e^u (окончание).

Зона МБ 20

Адрес Команда

Адрес Команда

$P_0=0$

WW WX 1 3Y XX	$[3Y] \Rightarrow [\varphi_1] \cdot 5$	02 03 0 1X 0X	} b_3
WY 0 1Y XI	$[1Y] \Rightarrow [\varphi_0]$	04 1 0W X4	
WZ WO 0 00 33	} b_{10}	1W 1X Z Z4 1W	} b_{2A}
W1 1 3Y W1		1Y 0 1X 00	
W2 W3 0 00 00	} b_9	1Z 10 0 2Y 3X	} b_2
W4 0 03 4Y		11 Z 4W 1Y	
XW XX 0 20 Z2	} b_8	12 13 Z YZ 04	} $-54A$
XY 0 00 00		14 Z 30 00	
XZ XO 0 00 00	} b_7	2W 2X 0 33 X0	} b_1
X1 0 31 0Y		2Y Z 00 1W	
X2 X3 Z XX 01	} b_7	2Z 20 Z 03 XX	} $\kappa = -6A$
X4 0 00 00		21 0 23 00	
YW YX 0 00 01	} b_7	22 23 0 30 00	} b_0
YY 0 WX X0		24 0 00 00	
YZ YO 1 4X WZ	} b_6	3W 3X 0 00 0X	} $(b_{10})_{\bar{7}} \Rightarrow (S)$
Y1 0 00 00		3Y 0 WZ 30	
Y2 Y3 0 00 1W	} b_6	3Z 30 Z 32 Y3	$(S) \Rightarrow U_{\bar{7}}$
Y4 1 02 YX		31 0 21 Z0	$\kappa \Rightarrow (F) \cdot 74$
ZW ZX 1 0Y 1Y	} b_5	3Z 33 0 1Y ZX	$(F) + 6A \Rightarrow (F)$
ZY 0 00 00		34 0 21 0X	$(F) \Rightarrow \kappa$
ZZ ZO 0 00 32	} b_5	4W 4X Z 23 03	$(C) \Rightarrow A$
Z1 1 WW WZ		4Y 1 WX 00	$5\bar{11} \bar{7} \rightarrow c_x \text{ Горн}$
Z2 Z3 1 40 10	} b_4	4Z 40 0 21 20	$\kappa \Rightarrow (F)$
Z4 0 00 00		41 0 14 ZX	$(F) \cdot 54A \Rightarrow (F)$
OW OX 0 02 XY	} b_4	42 43 0 31 1X	$4\bar{11} - Z \bar{7} \rightarrow 4$
OY Z 21 Y4		44 0 WX 00	$5\bar{11} \bar{7} \rightarrow 5$
OZ OO 0 W4 ZX	} b_4	КС 0 00 01	
O1 0 00 00		Z WY X4	

Подпрограмма вычисления функций $\ln u$ (начало).

Зона МБ 21

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX	0 03 00	$3e_4$	02 03	Z 2Y 3X	$(S) \rightarrow (S)$
WY	0 00 00		04	Z 4Y Y3	$(S) \Rightarrow V_1$
WZ WO	1 3Y X3	$[Q_i] \Rightarrow [3Y] \rightarrow e_n$	1W 1X	Z 32 30	$U_{ij} \Rightarrow (S)$
W1	1 3X XX	$[3X] \Rightarrow [Q_i]$	1Y	Z 4Z Y3	$(S) \Rightarrow V_{ij}$
W2 W3	2 30 30	$P_u \Rightarrow (S)$	1Z 10	0 3Y 30	$(B_{13})_1 \Rightarrow (S)$
W4	Z 4X Y3	$(S) \Rightarrow P_u$	11	Z 31 Y3	$(S) \Rightarrow U_1$
XW XX	0 X3 10	$4\pi - 0 \rightarrow 1$	12 13	0 33 30	$(B_{13})_{ij} \Rightarrow (S)$
XY	Z 4X YX	$\text{Нор.м.}(S) \Rightarrow P_u$	14	Z 3Z Y3	$(S) \Rightarrow U_{ij}$
XZ XO	0 WX 33	$(S) + 3e_4 \Rightarrow (S)$	2W 2X	0 3Z 30	$B_{12} \Rightarrow (S)$
X1	Z 21 40	$(S) \Rightarrow (S)$	2Y	0 W2 Y3	$(S) \Rightarrow B_1$
X2 X3	Z 30 Y3	$(S) \Rightarrow P_u \rightarrow 1$	2Z 20	Z 2X Z0	$0 \Rightarrow (F)$
X4	Z 31 30	$U_1 \Rightarrow (S)$	21	0 XX OX	$(F) \Rightarrow B_3$
YW YX	0 Y0 13	$4\pi - 1 \rightarrow 2$	22 23	Z 23 O3	$(C) \Rightarrow A$
YY	0 1X 2X	$2e_4$	24	1 WX 00	$5\pi \rightarrow \text{с.к. Горн}$
YZ YO	0 40 3X	$(S) - \sqrt{3}/2 \Rightarrow (S) \rightarrow 2$	3W 3X	0 22 XX	$[22] \Rightarrow [Q_0]$
Y1	Z 44 Y3	$(S) \Rightarrow M_0$	3Y	0 1Z XZ	$(B_{13})_1$
Y2 Y3	0 ZX 13	$4\pi - 1 \rightarrow 3$	3Z 30	0 Z1 X4	} B_{12}
Y4	0 YY ZX	$(F) + 6e_4 \Rightarrow (F)$	31	0 34 Y2	
ZW ZX	0 01 3Z	$(\lambda_i)_1 \Rightarrow (S)$	32 33	0 40 4Y	} $(B_{13})_2$
ZY	Z 4Y Y3	$(S) \Rightarrow V_1$	34	0 44 WY	
ZZ Z0	0 02 3Z	$(\lambda_i)_1^0 \Rightarrow (S)$	4W 4X	0 0Y XX	} λ_2
Z1	Z 4Z Y3	$(S) \Rightarrow V_{ij}$	4Y	Z 20 4Y	
Z2 Z3	Z 2X Z0	$0 \Rightarrow (F)$	4Z 40	0 3W 34	$\sqrt{3}/2$
Z4	0 W2 OX	$(F) \Rightarrow B_1$	41	0 3W Y4	} λ_1
OW OX	0 XX OX	$(F) \Rightarrow B_3$	42 43	Z 01 Y1	
OY	Z 23 O3	$(C) \Rightarrow A$	44	0 23 ZX	
OZ OO	1 WX 00	$5\pi \rightarrow \text{с.к. Горн}$	KC	0 00 OX	
O1	Z 31 30	$U_1 \Rightarrow (S)$	Z XW	41	

Подпрограмма вычисления функций $\ln u$ (продолжение).

Зона МБ 22

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX	0 1X 21	} b_{11}
WY	Z 2Z 14	
WZ WO	Z 3Z Z1	
W1	0 ZX 00	$K = -12 \ell_4$
W2 W3	0 Z1 03	} b_{10}
W4	1 34 4Z	
XW XX	0 13 W2	
XY	0 1X 00	$0 \ell_4$
XZ XO	0 10 00	} b_9
X1	1 4X W4	
X2 X3	Z Z3 3Y	
X4	Z 30 00	$-54 \ell_4$
YW YX	0 ZZ ZY	} b_8
YY	1 10 XZ	
YZ YO	1 4W 10	
Y1	0 00 00	} b_7
Y2 Y3	0 13 W1	
Y4	1 Y4 03	
ZW ZX	1 W0 YW	} b_6
ZY	0 00 00	
ZZ ZO	0 ZW WW	
Z1	Z WY 1Z	} b_5
Z2 Z3	Z XZ 4Z	
Z4	0 00 00	
OW OX	0 2Y 2Y	} b_5
OY	1 W4 XW	
OZ OO	1 01 21	
O1	0 00 00	

02 03	0 YY XY	} b_4
04	Z 2Z 20	
1W 1X	1 1X 2W	
1Y	0 00 00	} b_3
1Z 10	0 30 00	
11	0 00 00	
12 13	0 0Z Z2	} b_2
14	0 00 00	
2W 2X	0 WW WW	
2Y	Z WW WW	} b_1
2Z 20	Z WX X1	
21	0 00 00	
22 23	1 00 00	} b_1
24	0 00 00	
3W 3X	0 00 00	
3Y	0 W1 Z0	$K \Rightarrow (F)$
3Z 30	0 XY ZX	$(F) + 6 \ell_4 \Rightarrow (F)$
31	0 W1 0X	$(F) \Rightarrow K$
32 33	Z 23 03	$(c) \Rightarrow A$
34	1 WX 00	$5 \Pi \rightarrow \text{сх. горн.}$
4W 4X	0 W1 Z0	$K \Rightarrow (F)$
4Y	0 X4 ZX	$(F) - 54 \ell_4 \Rightarrow (F)$
4Z 40	0 3Y 1X	$4 \Pi - Z \rightarrow 4$
41	Z 44 30	$M_0 \Rightarrow (S)$
42 43	0 23 XX	$[23] \Rightarrow [P_0]$
44	0 00 00	
KC	0 00 0Z	
	1 3Z W2	

Подпрограмма вычисления функций $\ln u$ (окончание).

Зона МБ 23

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=0$

WW WX	1 3Y XX	$[3Y] \Rightarrow [Q_1] \cdot 7$	02 03	0 W4 Y3	$(S) \Rightarrow B_2$
WY	0 4Y XX	$[4Y] \Rightarrow [Q_0]$	04	Z 34 30	$U_3 \Rightarrow (S)$
WZ WO	2 00 XW		1W 1X	0 4Y Y3	$(S) \Rightarrow B_2$
W1	Z 03 XX	$(e_{n3})_1$	1Y	1 3X XX	$[3X] \Rightarrow [Q_1]$
W2 W3	0 2W XW	$\left. \begin{array}{l} -3e_n \lambda_2 \\ (e_{n3})_2 \end{array} \right\} b$	1Z 10	Z 4X 30	$P_V \Rightarrow (S)$
W4	Z 01 Y3		11	Z 4Y Y3	$(S) \Rightarrow V_1$
XW XX	0 Y1 42		12 13	Z 2X Z0	$0 \Rightarrow (F)$
XY	0 33 X0	$(e_{n3})_2$	14	Z 4Z 0X	$(F) \Rightarrow V_2$
XZ XO	0 1W 11		2W 2X	0 1Y 30	$(e_{n3})_1 \Rightarrow (S)$
X1	Z 01 4W	$\left. \begin{array}{l} -3e_n \lambda_2 \\ 4\eta - 1 \cdot 5 \cdot 6 \end{array} \right\}$	2Y	Z 31 Y3	$(S) \Rightarrow U_1$
X2 X3	0 1Y WY		2Z 20	0 WZ 30	$(e_{n3})_2 \Rightarrow (S)$
X4	0 1Y 13		21	Z 32 Y3	$(S) \Rightarrow U_2$
YW YX	0 43 ZX	$(F) + 6Q \Rightarrow (F)$	22 23	Z 23 03	$(C) \Rightarrow A$
YY	Z 23 03	$(C) \Rightarrow A \cdot 6$	24	1 WX 00	$5\eta \cdot \Gamma \rightarrow C_{x, \text{горм}}$
YZ YO	1 WX 00	$5\eta \cdot \Gamma \rightarrow C_{x, \text{горм}}$	3W 3X	Z 30 30	$P_U \Rightarrow (S)$
Y1	Z 31 30	$U_1 \Rightarrow (S)$	3Y	Z 21 40	$(-S) \Rightarrow (S)$
Y2 Y3	0 41 Y0	$C_{gb}(S) \text{ на } 1 \Rightarrow (S)$	3Z 30	Z 30 Y3	$(S) \Rightarrow P_U$
Y4	Z 31 Y3	$(S) \Rightarrow U_1$	31	0 WX 00	$5\eta \cdot \Gamma \rightarrow 7$
ZW ZX	Z 20 Y0	$C_{gb}(S) \text{ на } 9 \Rightarrow (S)$	32 33	0 00 00	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \sqrt{2}$
ZY	Z 32 23	$U_2 \Rightarrow R$	34	0 42 2X	
ZZ ZO	Z 20 43	$(R) \cdot 3^{-1} + (S) \Rightarrow (S)$	4W 4X	0 XZ 1X	
Z1	Z 32 Y3	$(S) \Rightarrow U_2$	4Y	Z 0X Z0	
Z2 Z3	1 3W XX	$[3W] \Rightarrow [Q_1]$	4Z 40	0 00 00	
Z4	Z 23 03	$(C) \Rightarrow A$	41	0 0Z 00	$-e_n$
OW OX	1 XX 00	$5\eta \cdot \Gamma \rightarrow C_{gb} \text{ на } 4$	42 43	0 1X 00	$6Q$
OY	Z 31 30	$U_1 \Rightarrow (S)$	44	0 14 00	$5\eta \cdot \Gamma \rightarrow 5$
OZ OO	0 W3 Y3	$(S) \Rightarrow b_1$	KC	0 00 Z4	
O1	Z 33 30	$U_2 \Rightarrow (S)$		Z 23 21	

Подпрограмма для выполнения денормализации.

Зона МБ 24

Адрес Команда

Адрес Команда

П₀=0

WW WX	0 00 00		02 03	0 W0 13	УП-1 Г→4		
WY	0 00 00		04	Z 33 30	U ₂ ⇒ (S)		
WZ	W0	Z 30 Y3	(S) ⇒ P _u ↗4	1W 1X	Z 31 Y3	(S) ⇒ U ₁	
W1	Z 34 30	U ₃ ⇒ (S)		1Y	Z 32 30	U _П ⇒ (S)	
W2	W3	Z 31 Y3	(S) ⇒ U ₁	1Z	10	Z 20 Y0	Сгб(S) на g ⇒ (S)
W4	Z 2X 30	(0) ⇒ (S)		11	Z 32 Y3	(S) ⇒ U _П	
XW	XX	Z 32 Y3	(S) ⇒ U _П	12	13	0 YX 00	БП Г→5
XY	0 YX 00	БП Г→5		14	Z 20 33	(S) + g e _П ⇒ (S) ↗1	
XZ	X0	Z 30 30	P _u ⇒ (S) Денорм.	2W	2X	0 YX 13	УП-1 Г→5
X1	0 14 1X	УП-2 Г→1		2Y	Z 30 Y3	(S) ⇒ P _u	
X2	X3	Z 20 3X	(S) - g e _П ⇒ (S)	2Z	20	Z 20 33	(S) + g e _П ⇒ (S)
X4	0 00 13	УП-1 Г→2		21	0 34 1X	УП-2 Г→6	
YW	YX	Z 33 30	U ₂ ⇒ (S) ↗5	22	23	Z 33 30	U ₂ ⇒ (S)
Y1	Z 2W 40	Сгб(S) на -g ⇒ (S)		24	Z 34 Y3	(S) ⇒ U ₃	
Y2	Y0	Z 31 33	(S) + U ₁ ⇒ (S)	3W	3X	Z 31 30	U ₁ ⇒ (S)
Y1	Z 30 Y0	Сгб(S) на P _u ⇒ (S)		3Y	Z 33 Y3	(S) ⇒ U ₂	
Y2	Y3	Z 2Z Y3	(S) ⇒ r	3Z	30	Z 2X 30	0 ⇒ (S)
Y4	Z 31 Y3	(S) ⇒ U ₁		31	Z 31 Y3	(S) ⇒ U ₁	
3W	2X	Z 32 30	U _П ⇒ (S)	32	33	0 YX 00	БП Г→5
2Y	Z 30 Y0	Сгб(S) на P _u ⇒ (S)		34	Z 30 Y3	(S) ⇒ P _u ↗6	
ZZ	Z0	Z 32 Y3	(S) ⇒ U _П	4W	4X	Z 31 30	U ₁ ⇒ (S)
Z1	Z 30 30	P _u ⇒ (S)		4Y	Z 34 Y3	(S) ⇒ U ₃	
Z2	Z3	0 0Y 13	УП-1 Г→3	4Z	40	Z 2X 30	0 ⇒ (S)
Z4	Z 21 30	r ₂ ⇒ (S)		41	Z 31 Y3	(S) ⇒ U ₁	
OW	OX	Z 33 Y3	(S) ⇒ U ₂	42	43	Z 33 Y3	(S) ⇒ U ₂
OX	0 1Y 1X	[1Y] ⇒ [P ₀]		44	0 YX 00	БП Г→5	
OZ	00	Z 30 Y3	(S) ⇒ P _u	КС	0 00 ZZ		
01	Z 20 3X	(S) - g e _П ⇒ (S)		0 10 2X			

Блок ИП-5 «Сдвиг U на P_u».

Зона МБ 3W

Адрес Команда

Адрес Команда

П₀=1

WV	WV	Z 30 Y3	(S) ⇒ P _u ↗ 4	02	03	1 WY	13	YV-1 ↗ 4
	WY	Z 34 30	U ₃ ⇒ (S)		04	Z 33 30	U ₂ ⇒ (S)	
WZ	W0	Z 31 Y3	(S) ⇒ U ₁	1W	1X	Z 31 Y3	(S) ⇒ U ₁	
	W1	Z 2X 30	O ⇒ (S)		1Y	Z 32 30	U ₁ ⇒ (S)	
W2	W3	Z 32 Y3	(S) ⇒ U ₁	1Z	10	Z 20 Y0	Сгб (S) на 9 ⇒ (S)	
	W4	1 X3 00	бП ↗ 5		11	Z 32 Y3	(S) ⇒ U ₁	
XW	XX	Z 30 30	P _u ⇒ (S) ↗ Сгб U на P _u	12	13	1 X3 00	бП ↗ 5	
	XY	1 14 1X	YV-2 ↗ 1		14	Z 20 33	(S) + 9e4 ⇒ (S) ↗ 1	
XY	X0	Z 20 3X	(S) - 9e4 ⇒ (S)	2W	2X	1 X3 13	YV-1 ↗ 5	
	X1	1 00 13	YV-1 ↗ 2		2Y	Z 30 Y3	(S) ⇒ P _u	
X2	X3	Z 33 30	U ₂ ⇒ (S) ↗ 5	2Z	20	Z 20 33	(S) + 9e4 ⇒ (S)	
	X4	Z 2W 40	Сгб (S) на 9 ⇒ (S)		21	1 34 1X	YV-2 ↗ 6	
YW	YX	Z 31 33	(S) + U ₁ ⇒ (S)	22	23	Z 33 30	U ₂ ⇒ (S)	
	YY	Z 30 Y0	Сгб (S) на P _u ⇒ (S)		24	Z 34 Y3	(S) ⇒ U ₃	
YZ	Y0	Z ZZ Y3	(S) ⇒ U	3W	3X	Z 31 30	U ₁ ⇒ (S)	
	Y1	Z 31 Y3	(S) ⇒ U ₁		3Y	Z 33 Y3	(S) ⇒ U ₂	
Y2	Y3	Z 32 30	U ₁ ⇒ (S)	3Z	30	Z 2X 30	O ⇒ (S)	
	Y4	Z 30 Y0	Сгб (S) на P _u ⇒ (S)	31	Z 31 Y3	(S) ⇒ U ₁		
ZW	ZX	Z 32 Y3	(S) ⇒ U ₁	32	33	1 X3 00	бП ↗ 5	
	ZY	Z 30 30	P _u ⇒ (S)		34	Z 30 Y3	(S) ⇒ P _u ↗ 6	
ZZ	Z0	1 24 13	YV-1 ↗ 3	4W	4X	Z 31 30	U ₁ ⇒ (S)	
	Z1	Z 21 30	U ₂ ⇒ (S)		4Y	Z 34 Y3	(S) ⇒ U ₃	
Z2	Z3	Z 33 Y3	(S) ⇒ U ₂	4Z	40	Z 2X 30	O ⇒ (S)	
	Z4	Z 23 20	A ⇒ (F) ↗ 3		41	Z 31 Y3	(S) ⇒ U ₁	
0W	0X	Z 1X ZX	(F) + 3e4 ⇒ (F)	42	43	Z 33 Y3	(S) ⇒ U ₂	
	0Y	0 00 01	Возврат		44	1 X3 00	бП ↗ 5	
0Z	00	Z 30 Y3	(S) ⇒ P _u ↗ 2	KC	0 00 Z2			
	01	Z 20 3X	(S) - 9e4 ⇒ (S)		Z 1Z 3Y			

Блок ИП-5 «Схема Горнера».

Зона МБ 3X

Адрес Команда

Адрес Команда

$\Pi_0=1;0$

WV WX	Z 40 30	$V_1 \Rightarrow (S) \rightarrow \text{Сх. Горн.}$	02 03	Z ZZ Y3	$(S) \Rightarrow \tau$
WY	Z 14 Y0	$Cgb(S) \text{ на } -2 \Rightarrow (S)$	04	Z 34 30	$U_3 \Rightarrow (S)$
WZ W0	Z 31 40	$(S)U_1 \Rightarrow (S)$	1W 1X	Z 14 Y0	$Cgb(S) \text{ на } -2 \Rightarrow (S)$
W1	Z 3W Y3	$(S) \Rightarrow t$	1Y	Z 4Y 40	$(S)V_1 \Rightarrow (S)$
W2 W3	Z 33 30	$U_2 \Rightarrow (S)$	1Z 10	Z ZZ 33	$(S) + \tau \Rightarrow (S)$
W4	Z 14 Y0	$Cgb(S) \text{ на } -2 \Rightarrow (S)$	11	Z 13 40	$Cgb(S) \text{ на } -7 \Rightarrow (S)$
XW XX	Z 4Y 40	$(S)V_1 \Rightarrow (S)$	12 13	Z 3Y 23	$t_2 \Rightarrow (R)$
XY	Z 3W 33	$(S) + t \Rightarrow (S)$	14	Z 13 43	$(R) \cdot 3^{-7} + (S) \Rightarrow (S)$
XZ X0	Z 3W Y3	$(S) \Rightarrow t$	2W 2X	0 IX 24	$B_3^{\oplus} \Rightarrow (R)$
X1	Z 33 30	$U_2 \Rightarrow (S)$	2Y	Z 2W 43	$(R) \cdot 3^{-9} + (S) \Rightarrow (S)$
X2 X3	Z 14 Y0	$Cgb(S) \text{ на } -2 \Rightarrow (S)$	2Z 20	Z 3Z Y3	$(S) \Rightarrow U_{II}$
X4	Z 41 40	$(S)V_3 \Rightarrow (S)$	21	Z 2W 40	$Cgb(S) \text{ на } -9 \Rightarrow (S)$
YW YX	Z 2Z Y3	$(S) \Rightarrow \tau$	22 23	Z 3X 23	$U_1 \Rightarrow (R)$
YY	Z 34 30	$U_3 \Rightarrow (S)$	24	Z 13 43	$R \cdot 3^{-7} + (S) \Rightarrow (S)$
YZ Y0	Z 14 Y0	$Cgb(S) \text{ на } -2 \Rightarrow (S)$	3W 3X	0 W2 34	$(S) + B_1^{\oplus} \Rightarrow (S)$
Y1	Z 40 40	$(S)V_2 \Rightarrow (S)$	3Y	Z 31 23	$U_1 \Rightarrow (R)$
Y2 Y3	Z ZZ 33	$(S) + \tau \Rightarrow (S)$	3Z 30	Z 4Y 43	$(R)V_1 + (S) \Rightarrow (S)$
Y4	Z 2W 40	$Cgb(S) \text{ на } -9 \Rightarrow (S)$	31	Z 31 Y3	$(S) \Rightarrow U_1$
ZW ZL	Z 2Z Y3	$(S) \Rightarrow \tau$	32 33	Z 20 Y0	$Cgb(S) \text{ на } 9 \Rightarrow (S)$
ZY	Z 31 30	$U_1 \Rightarrow (S)$	34	Z 33 Y3	$(S) \Rightarrow U_2$
ZZ Z0	Z 14 Y0	$Cgb(S) \text{ на } -2 \Rightarrow (S)$	4W 4X	Z 23 20	$A \Rightarrow (F)$
Z1	Z 41 40	$(S)V_3 \Rightarrow (S)$	4Y	Z 1X ZX	$(F) \cdot 3^6 \Rightarrow (F)$
Z2 Z3	Z ZZ 33	$(S) + \tau \Rightarrow (S)$	4Z 40	0 00 01	Возврат
Z4	Z ZZ Y3	$(S) \Rightarrow \tau$	41	0 00 00	} Z
OW OX	Z 33 30	$U_2 \Rightarrow (S)$	42 43	0 00 00	
OY	Z 14 Y0	$Cgb(S) \text{ на } -2 \Rightarrow (S)$	44	0 00 00	
OZ O0	Z 40 40	$(S)V_2 \Rightarrow (S)$	KC	0 00 2W	
O1	Z ZZ 33	$(S) + \tau \Rightarrow (S)$	1	ZZ 3X	

Издано:

Выпуск 1.

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

Выпуск 2.

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

Выпуск 3.

Франк Л.С., Рамиль Альварес Х.
ПОДПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ ДЛЯ ИП-2.

Выпуск 4.

Жоголев Е.А., Есакова Л.В. ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ИП-3

Выпуск 5.

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

ГОТОВИТСЯ Выпуск 7:

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