

42  
ДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ЛЕДОВАНИЙ



3 19/vii-67  
11 - 3327

С.В. Медведь, Ю.Н. Симонов

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ФОРМЫ ИМПУЛЬСОВ,  
ПРОХОДЯЩИХ ПО КОАКСИАЛЬНОМУ КАБЕЛЮ

1967.

11 - 3327

С.В. Медведь, Ю.Н. Симонов

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ФОРМЫ ИМПУЛЬСОВ,  
ПРОХОДЯЩИХ ПО КОАКСИАЛЬНОМУ КАБЕЛЮ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

50829, 29.  
1/805

При постановке ряда опытов на пучках частиц от синхротронного ускорителя Лабора-  
тории ядерных проблем ОИЯИ возникла необходимость учета искажений фор-  
мы импульсов наносекундной длительности при передаче их по коаксиальным  
кабелям. Учет этих искажений особенно важен при использовании кабелей в  
качестве прецизионных линий задержки в случае различия форм рабочего и  
калибровочного сигналов. Искажения могут также привести к нарушению вре-  
менных соотношений между сигналами от датчиков, когда спектральные соста-  
вы передаваемых сигналов не идентичны.

Достаточно строгая теория переходных процессов в коаксиальном кабеле  
изложена в /1/. Известны также работы /2,3/, в которых на основании тех  
или иных упрощающих предположений авторы приходят к менее сложным выра-  
жениям для нахождения переходных характеристик. Однако в любом случае про-  
цесс расчета остается громоздким. Кроме того, переходные характеристики  
недостаточно наглядны для физика-экспериментатора, поскольку на их основе  
трудно сделать количественные оценки систематических ошибок, возникающих в  
эксперименте и обусловленных искажениями формы рабочих сигналов.

В экспериментальной практике применяется большое количество кабелей  
различных типов. Длины отрезков кабелей варьируются в широких пределах, а  
передаваемые сигналы существенно различаются по форме (сигналы от фото-  
умножителей разных типов, импульсы напряжения для питания световых дат-  
чиков и т.д.).

Желательно иметь пособие, содержащее в графическом виде материалы по  
искажению формы наиболее часто применяемых сигналов при прохождении их по

коаксиальным кабелям. Авторами сделана попытка составления такого справочного пособия применительно к нуждам физиков, работающих на современных ускорителях. В основу описанной ниже математической программы положены результаты работы /3/, так как принятая в ней методика вычислений позволяет использовать исходные данные в удобной для экспериментатора форме.

I .

Напряжения на выходе  $U_{\text{вых.}}(t)$  и входе  $U_{\text{вх.}}(t)$  линейной системы, в нашем случае - коаксиального кабеля, связаны между собой известным соотношением, куда входит переходная характеристика  $h(t)$  этой системы

$$U_{\text{вых.}}(t) = U_{\text{вх.}}(t)h(0) + \int_0^t U_{\text{вх.}}(r) \frac{d}{dt} h(t-r) dr. \quad (1)$$

Для реальных кабелей с потерями  $h(0) = 0$  и первый член обращается в нуль.

Если известна импульсная характеристика  $v(t)$ , то-есть реакция на входное воздействие в виде  $\delta$ -функции, то предыдущее выражение для  $U_{\text{вых.}}(t)$  может быть записано в иной форме

$$U_{\text{вых.}}(t) = \int_0^t U_{\text{вх.}}(r) v(t-r) dr. \quad (2)$$

Отсутствие производных по времени делает соотношение (2) более удобным для использования в расчетах, так как отпадает требование аналитического представления входящих в него функций.

Импульсную характеристику отрезка кабеля  $v(t)$  определим из соотношения

$$v(t) = \int_0^t c(t-r) d(r) dr, \quad (3)$$

где  $c(t)$  - импульсная характеристика, полученная без учета потерь в диэлектрике кабеля, и  $d(t)$  - импульсная характеристика, обусловленная потерями только в диэлектрике.

Величина  $c(t)$  может быть выражена через параметры отрезка кабеля

$$c(t) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \frac{\pi}{a^2 \ell^2} \left( \frac{a^2 \ell^2}{4\pi t} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{a^2 \ell^2}{4\pi t}\right), \quad (4)$$

где  $a$  - величина, связанная с конструкцией кабеля и электрическими свойствами проводников, внешнего и внутреннего,  $\ell$  - длина кабеля.

Выражение (4) можно преобразовать в более удобную для вычислений форму

$$c(t) = \frac{1}{r_0} \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{1}{q} \right)^{3/2} e^{-1/q}, \quad (5)$$

где безразмерный коэффициент  $q = 4t/r_0$ . Характеристическое время  $r_0$  связано с модулем затухания  $A_0$ , вызванного потерями только в проводнике

$$r_0 = \frac{a^2 \ell^2}{\pi} = \frac{(A_0 \ell)^2}{\pi f}. \quad (6)$$

Методика определения величины  $A_0$  показана на рис.1. Частотная характеристика кабеля построена в логарифмическом масштабе по обеим осям координат. Значения  $A_0$  выбираются на прямой, экстраполированной из области низких частот, где еще не сказываются потери в диэлектрике. Эта прямая на рисунке показана пунктиром. Если затухание выражено в дБ/100 м, частота  $f$  в МГц и длина  $\ell$  в м, то  $r_0$  подсчитывается по формуле

$$r_0 (\text{нсек}) = 4,2 \cdot 10^{-4} \frac{(A_0 \ell)^2}{f}. \quad (6a)$$

Импульсная характеристика отрезка кабеля, полученная при учете потерь только в диэлектрике - член  $d(t)$  в выражении (3) - может быть рассчитана по следующей формуле

$$d(t) = \frac{4}{\pi} \frac{1}{r_1} \frac{1}{1 + (2t/r_1)^2}, \quad (7)$$

где  $r_1 = \frac{b\ell}{\pi}$ ,  $b$  - величина, зависящая от электрических свойств использованного в кабеле диэлектрика.

На том же рисунке показано, как определяется затухание  $A_d = A - A_0$ .

обусловленное потерями в диэлектрике. По величине  $A_d$  рассчитывается характеристическое время  $\tau_1$

$$\tau_1 \text{ (всек)} = 0,366 A_d l / f. \quad (8)$$

Размерности величин, входящих в эту формулу, те же, что и для выражения (6а). Частота  $f$ , для которой определяются величины затухания  $A_0$  и  $A_d$  выбирается так, чтобы активная часть спектра сигнала  $U_{вх.}(t)$  лежала ниже ее. Верхней границей для  $f$  служит критическая частота кабеля, при которой в нем возникают колебания высших типов.

Изложенная процедура описана в работе <sup>/3/</sup>, откуда и взяты все основные соотношения. Видно, что методика определения формы сигнала после прохождения его по отрезку коаксиального кабеля сводится к последовательному вычислению двух интегралов Дюамеля (3) и (2). Необходимые данные для подсчета характеристических времен отрезка  $\tau_0$  и  $\tau_1$  могут быть взяты из справочников, например <sup>/4/</sup>, где обычно приведены величины затухания  $A$  для ряда частот.

## II .

С целью уменьшения количества информации, вводимой каждый раз в машину, оказалось целесообразным снабдить программу библиотекой исходных данных для наиболее часто встречающихся в практике вариантов расчета. В нее входят сведения о величинах затуханий для 12 типов кабелей и таблица длин отрезков (12 значений). Кроме того, в библиотеку введены подпрограммы, позволяющие описывать входные воздействия  $U_{вх.}(t)$  нескольких типов (прямоугольный сигнал, треугольный сигнал, сигнал производной формы, заданный в виде таблицы значений  $\{t_q, U_{вх.}(t_q)\}$  и т.д.).

В памяти машины можно одновременно хранить 108 числовых массивов, характеризующих входные воздействия (12 вариантов на каждый из 9 типов).

Программа написана для ЭВЦМ М-20.

Последовательность выбора материала из библиотеки и использования его в расчетах определяется кодом, набранным на пульте управления машиной.

Под управляющий код отведена полностью первая ячейка ДЗУ (ДЗУ - 1), 3 адреса по 12 разрядов и 8 разрядов КОПа которой использованы следующим образом.

В разрядах 45 - 37 кодируются типы входного воздействия  $U_{вх.}(t)$ , для которых ведется расчет.

Разряды 36 -25 отведены под коды различных вариантов входного воздействия выбранного типа. Например, можно задать любые из 12 пар величин, описывающих фронт и спад сигнала треугольной формы.

Разряды 24 - 13 отведены под коды типа кабеля, а код, заданный в разрядах с 12-го по 1-ый, служит для выбора отрезка той или иной длины.

## III .

Программа состоит из трех частей. Первая ее часть (рис.2) управляет последовательностью вычислений. На рисунке сплошными линиями показан порядок выполнения операций, а пунктирными - пути занесения результатов в рабочие ячейки соответствующих блоков.

Блок 1 переводит в двоичную систему счисления всю информацию, относящуюся к кабелям и длинам отрезков, а также некоторые вспомогательные величины.

Работа следующих блоков - блоков поиска - заключается в дешифрации соответствующих частей управляющего кода и преобразования их в последовательность номеров, согласно которым происходит выбор числовых массивов и подпрограмм из библиотеки и введение их в расчет. Все эти блоки (6,8,11 и 13) написаны однотипно.

Если в процессе набора управляющего кода на пульте какой-либо адрес будет пропущен (ошибка оператора), то программа остановится в блоке 2. После исправления набранного кода для начала вычислений достаточно нажатия кнопки "Пуск".

После выбора номера варианта  $U_{вх.}(t)$  соответствующий ему числовой массив переносится в рабочие ячейки (блок 9). Блоки 7, 10 и 12 позволяют обойти счет тех вариантов, для которых исходная информация отсутствует (полностью или частично) в библиотеке программы.

По окончании работы первой части программы оказываются выбранными все необходимые подпрограммы и числовые массивы, а именно тип входного

воздействия, один из вариантов этого воздействия, марка кабеля и длина отрезка кабеля. Далее начинаются вычисления импульсной характеристики и формы выходного сигнала.

После выдачи результатов на печать производится переход к счету для другого отрезка кабеля, выбранного в соответствии с управляющим кодом. Окончив подсчеты для всех заданных длин, программа производит те же вычисления для следующей марки кабеля. После того как перебраны все заданные марки кабеля, в программе происходит смена входного воздействия, и цикл повторяется.

Для возможности изменения управляющего кода перед переходом к следующему типу входного воздействия предусмотрен останов (блок 2). Если во время останова оператор не изменит часть управляющего кода в разрядах 37 - 45, то после пуска указанный переход произойдет, в противном случае программа начнет работать сначала (блок 5).

Описанная схема построения программы позволяет легко управлять ходом вычислений даже тем физикам-экспериментаторам, которые только приступают к практической работе на ЭВМ.

#### IV .

Во второй части программы (рис.3) вычисляются оба интеграла Дюамеля (2) и (3). Блок 15 задает временной интервал  $T$ , для которого производится расчет

$$T = \pi t_{\text{возд}} \quad (9)$$

где  $t_{\text{возд}}$  - время действия входного напряжения.

В большинстве случаев нами принималось  $n=5$ , что вполне достаточно для удовлетворительного описания формы спада выходного напряжения. В интервале  $T$  вычисляются амплитуды  $U_{\text{вых}}(t_i)$  в 256 точках. Программа работает с переменным шагом по оси  $T$ . Величина его зависит, с одной стороны, от скорости спада импульсной характеристики  $v(t)$ , а с другой - от скорости изменения  $U_{\text{вых}}(t)$ .

Начальный шаг  $N_{\text{нач}}$  выбирается как некоторая доля от характеристического времени  $\tau_0$ . Можно показать (рис.4), что вычисления с фиксированным мелким шагом  $N = \tau_0 / m$ , где  $m > 4$ , не приводят к существенному увеличению точности расчетов даже в области резкого изменения импульсной характеристики, но требуют, естественно, большего машинного времени по сравнению с вариантом, где  $m=4$ . Для длинных отрезков ( $l \geq 50$  м) шаг, определенный как  $\tau_0 / 4$ , оказывается обычно столь велик, что построенные графики  $U_{\text{вых}}(t)$  не способны передать особенностей переходного процесса и от оптимального значения величины  $m$  при выборе  $N$  приходится отказываться. Поэтому для задания начального шага на первых этапах расчета использованы следующие "компромиссные" соотношения:

$$N_{\text{нач}} = \tau_0 / 4, \quad \text{если } (\tau_0 / 4) 256 \leq T \quad (10)$$

$$N_{\text{нач}} = T / 256, \quad \text{если } (\tau_0 / 4) 256 > T.$$

В начальной точке  $t_0=0$  принимается всегда  $U_{\text{вых}}(0)=0, v(0)=0$ . Первая точка, в которой производятся вычисления, отстоит от нуля на четверть начального шага,  $t_1 = N_{\text{нач}} / 4$ , но точка  $t_2$  уже отличается от  $t_1$  на полную величину шага  $N$ .

В целях контроля и удобства последующей обработки результатов перед началом вычисления интегралов на печать выводится условный восьмеричный код, соответствующий выбранному варианту и исходные данные: марка кабеля, длина отрезка, его характеристические времена  $\tau_0$  и  $\tau_1$  и длина интервала  $T$ . Затем печатается строка из четырех десятичных чисел, соответствующих номерам клавиш на пульте (блоки 17,18 и 19).

Интегралы (3) вычисляются по методу Симпсона с автоматическим выбором шага интегрирования по заданной относительной точности (блок 22, стандартная программа СП-120).

Интегрирование соотношения (2) заменено суммированием по формуле

$$U_{\text{вых}}(t_i) = \sum_{j=0}^{i-1} U_{\text{вых}}(t_i - t_j) v(t_j) (t_j - t_{j-1}). \quad (11)$$

В последней части программы (рис.5) проводится анализ получаемых на каждом этапе величин  $U_{\text{вых}}(t)$  и  $v(t)$ . В зависимости от результатов анализа вырабатывается шаг  $H_{i+1}$  для следующего этапа. Точность, с которой известно поведение импульсной характеристики в начальной области ее спада, существенно влияет на все последующие вычисления. Поэтому в программе предусмотрен ряд блоков (24,28 - 31), которые запрещают увеличение шага  $H$  на первых этапах расчета. Время запрета  $t_{\text{зап}}$  кратно величине  $r_0$ :

$$t_{\text{зап}} = p r_0.$$

После снятия запрета ( $t_i > t_{\text{зап}}$ ) величина каждого последующего шага  $H_{i+1}$  зависит от относительной скорости изменения функции  $v(t)$  на предшествующем этапе.

При

$$| [v(t_{i-1}) - v(t_i)] / [v(t_{i-1}) + v(t_i)] | \geq d, \quad (12)$$

где  $d$  - заданная константа, величина следующего шага не меняется. В случае нарушения неравенства (12) шаг удваивается. Новый, удвоенный шаг  $H_{\text{удв}}$  может оказаться столь велик, что дальнейшие вычисления с ним выведут нас за пределы заданного временного интервала  $T$ . Чтобы избежать этого в блоке увеличения шага (блок 33) предусмотрена коррекция величины  $H_{\text{удв}}$ , а именно

$$H_{\text{корр}} = H_{\text{удв}} \text{ при } H_{\text{удв}} (256-1) < T - t_i \quad (13)$$

или  $H_{\text{корр}} = (T - t_i) / (256 - 1)$  - в противоположном случае.

Величины шагов  $H$ , оптимальные для описания импульсной характеристики  $v(t)$ , могут оказаться неудачными при расчете выходного напряжения, например, в области резкого спада. В программе предусмотрены блоки (25 - 27), устраняющие этот недостаток. Если модуль абсолютного изменения величины  $U_{\text{вых}}(t)$  на одном шаге  $H_i$  превысит заданную величину  $\Delta$ , то программа возвращается назад и просчитывает интервал  $H_i$  с более мелким фиксированным шагом  $H'$ .

$$H' = H_i \left[ \left\{ \frac{U_{\text{вых}}(t_i) - U_{\text{вых}}(t_{i-1})}{\Delta} \right\} + 2 \right]^{-1}, \quad (14)$$

где фигурные скобки означают взятие целой части числа.

Обращение к блокам дробления шага (25 - 27) разрешено при любом номере шага  $i$ , кроме двух первых.

По окончании подсчета величин  $v(t_i)$  и  $U_{\text{вых}}(t_i)$  вычисляется

$U_{\text{вх}}(t_i)$  для момента  $t_i$  путем повторного обращения к блоку  $U_{\text{вх}}$ .

По мере заполнения поля накопления результаты расчетов выводятся на печать.

После окончания вычислений ( $i = 255$ ) происходит допечатка оставшихся на поле результатов (стандартная программа печати СП - 110) и повторно печатается десятичная строка с номерами клавиш ДЗУ - 1, соответствующих только что сосчитанному варианту. Двойная печать десятичной строки в начале и в конце выдачи помогает оператору при работе со сбойными картами.

Время счета одного варианта существенно зависит от вида входного воздействия. Для наиболее простого сигнала - единичного прямоугольного импульса - оно не превышает 5 минут вместе с печатью.

К настоящему времени написаны блоки программы, позволяющие считать искажения сигналов прямоугольного, треугольного видов и ступенчатой формы с фронтом конечной длительности. Возможны вычисления и для входного воздействия, заданного в виде таблицы значений  $\{t_q, U_{\text{вх}}(t_q)\}$ ,  $q < 64$ . Отдельная программа для расчетов переходной характеристики в память машины не введена. Вычисления производятся по подпрограмме для прямоугольного входного импульса достаточной длительности с заменой коэффициента  $\gamma$  в блоке 15 (ф-ла 9) на единицу. В основной программе не предусмотрена выдача на печать значений импульсной характеристики  $v(t)$ . На печать они могут быть выведены с помощью специальной перфокарты. Далее показано расположение информации в массиве результатов для обоих вариантов

$t_1$	$t_1$
$U_{\text{вх}}(t_1)$	$U_{\text{вх}}(t_1)$
$U_{\text{вых}}(t_1)$	$U_{\text{вых}}(t_1)$
$t_2$	$v(t_1)$
.....	.....
$t_{255}$	$t_{255}$

Выдача результатов заказывается повторной печатью строки с десятичными номерами клавиш ДЗУ - 1. Для удобства построения графиков значения  $U_{\text{вх}}$  всегда снабжены признаком.

В ряде практических случаев достаточно описать переходную характеристику кабеля временем установления  $t_{\text{уст}}$  /1/ без точного знания ее формы. В программе предусмотрен блок вычисления  $t_{\text{уст}}$ . Включение его в работу производится специальной картой. По окончании вычислений на печать выводятся  $t_{\text{уст}}$ ,  $t_1$ ,  $U_{\text{вых}}(t_1)$ ,  $\ln t_{\text{уст}}$  и  $\lg t_{\text{уст}}$ . Если для расчетов задан слишком короткий интервал [ $U_{\text{вых}}(T) < 0,5$ ], то будут отпечатаны два ряда семерок,  $T$  и  $U_{\text{вых}}(T)$ .

Программа может быть дополнена блоками для работы с любыми видами входных воздействий. Схема построения блока показана в приложении. Там же даны сведения, необходимые при пополнении библиотеки исходных данных.

По описанной программе проведено большое число расчетов переходных характеристик и искажений импульсов в кабелях, применяемых в опытах на ускорителе Лаборатории ядерных проблем.

Авторы благодарны Л.А. Кулюкиной, Г.Л. Семашко и Г.Г. Субботиной за советы при написании программы и ее отладке, а также коллективу операторов машин М-20 за помощь в продолжительных расчетах.

#### Л и т е р а т у р а

1. Л.А. Моругин, Г.В. Глебович "Наносекундная импульсная техника". Из-во "Советское радио", Москва 1964 г.
2. G. Fiducaro, Nuovo Cimento, Suppl. XV (1960) 254.
3. C. Brianti, preprint CERN 65-10 (1965), Geneva.
4. В.И. Капалапенко "Провода и кабели в СЦБ и связи". Изд-во "Транспорт", Москва 1966 г.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 мая 1967 года.

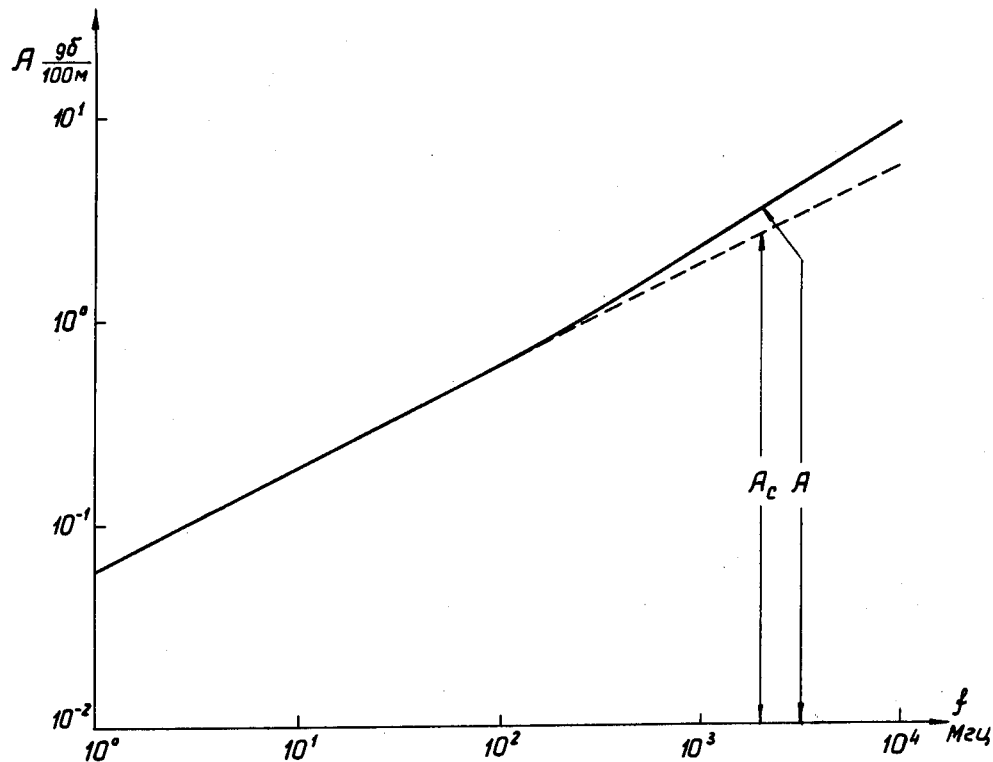


Рис.1. Частотная характеристика кабеля.  $A_c$  - потери только в проводниках,  $A$  - полные потери.





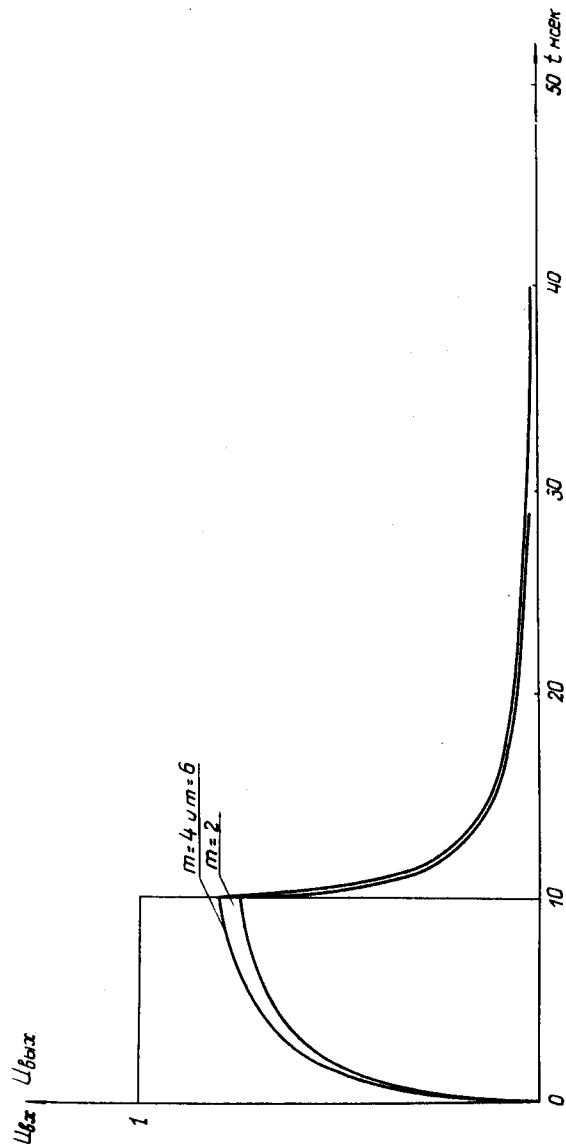


Рис.4. Зависимость результатов расчета от выбора начального шага.

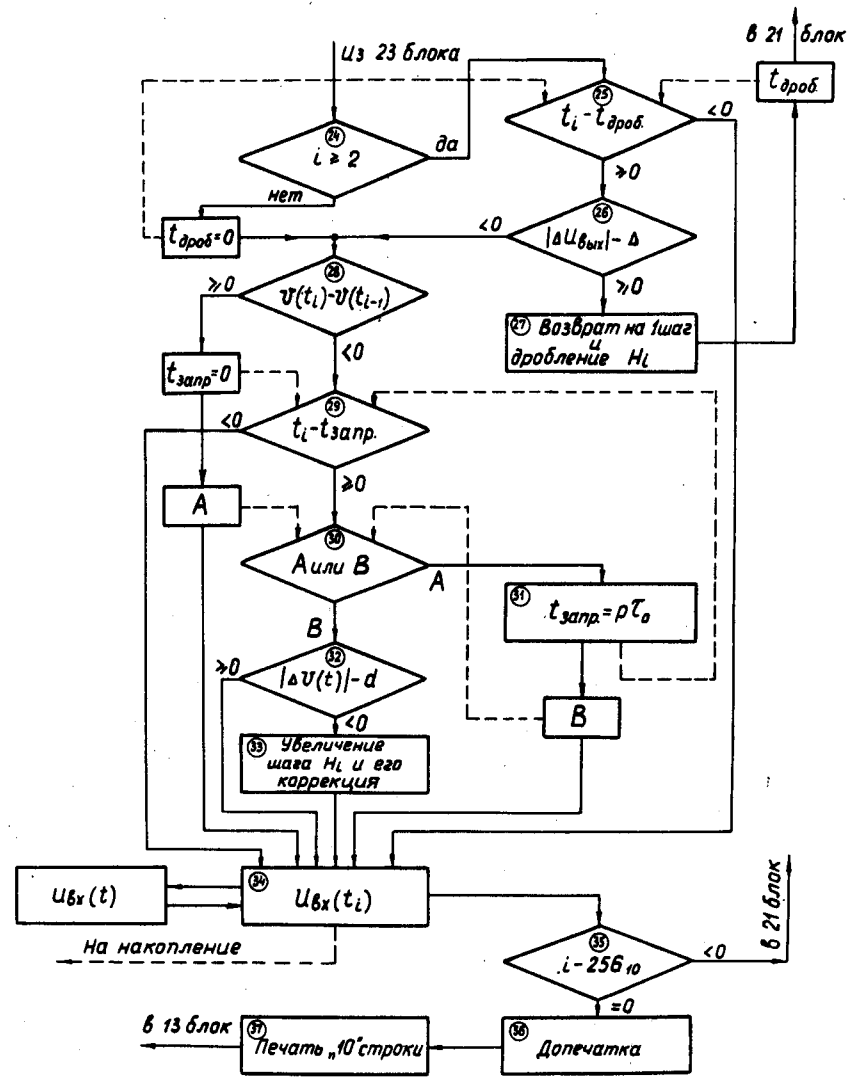


Рис.5. Блок-схема третьей части программы.

П Р И Л О Ж Е Н И Е .

Инструкция к программе.

1. Набрать на ДЗУ - I управляющий код, соответствующий рассчитываемому варианту.
2. Убедиться, что в массиве перфокарт не лежат сбойные перфокарты; иначе вместо счета произойдет останов по команде 0 77 в ячейке 00I7.
3. Ввести программу. После печати исходных данных варианта начнется счет. Через каждые 45 - 60 сек. печать и продолжение счета.
4. По окончании счета всех заданных вариантов останов в ячейке 0503 по команде 0 77.
5. За ходом вычислений можно следить в ячейке 5776, где во втором адресе идет счет по 0004, начиная с 0004 и до I770.
6. Если нужно окончить счет, не дожидаясь конца варианта, то набрать останов по КРА 077I.
7. Если при наборе кода на ДЗУ - I допущена ошибка, то произойдет останов в ячейке 0503. После исправления кода для продолжения счета нажать кнопку " Пуск ".
8. При сбоях: найти на последней выдаче десятичную строку вида ++03 I7 27 37 ( числа даны для примера ) и набрать клавиши с этими номерами на ДЗУ - 2, не трогая управляющего кода на ДЗУ - I. Вложить в " дополнения " сбойные карты и ввести весь массив перфокарт. То же самое проделать и в случае плохой печати или обрыва бумаги.

Порядок расположения перфокарт.

1. Карта ввода с контрольной суммой ( она же вызывает ИС - 2 ).
2. Основная программа с контрольной суммой.
3. Библиотека исходных данных с контрольной суммой.
4. Дополнения ( например, карта печати  $v(t)$  или карта вычисления  $t_{уст}$  ).
5. Нулевая контрольная сумма.

КАРТА ВВОДА .

000I	50	00I3	000I	7767	} Вызов ИС - 2
2	70	7500	000I		
3	52	6000		76I5	
4	52	6000		754I	
5	I0	000I	0005		
6	I0	000I	0006		Ввод основной программы
7	30	000I	00I0		Ввод библиотеки исходных данных
I0	56		0500		Ввод дополнений
4 I2	35I6	0527	7347		ПУ на начало программы
					к $\Sigma$ карты ввода

О С Н О В Н А Я П Р О Г Р А М М А .

0444	00	0444			ка
45	00				
46	0I	225	670		$4/\sqrt{\pi}$
47	0I	I27	320		$4/\pi$
50	- 03	420			Коэффициент при $\tau$ .
5I	00	366			Коэффициент при $\tau_1$
52	0I	I50			3/2
53	0I	230	260		$\ln I0$
54	0I	500			$n$
55	0I	400			$m$
56	- 0I	I00			Отн. точность вычисления интеграла $E$
57	- 0I	I00			Оценка отн. прироста $v(t)$
60	00	I00			Ограничение абс. прироста $U_{max}(t)$
6I	0I	400			$P$
62	- 02	500			Отн. точность вычисления $t_{уст}$
63	00				
0464	I I2	00I0	0725		Для восстановления ячейки 07I2
65	I I2	7777	0553	000I	Для цикла пересылки
66	5 00			0I50	ЧМ варианта
67	I 26		I774		Для нормализации числа оставшихся шагов
70	I I2		I005	0002	Для цикла пересылки ЧМ варианта
7I	00	0I50		0250	при счете " по точкам "
72	36	0I04	05I5	0I1I	Для восстановления ячейки 05I3
73	00		00II		№ типа при счете " по точкам "
74	00	0064	II70	I2I0	Обращение к интегралу при полной АЧ
75	00	0064	II67	I2I0	Обращение к интегралу при укорочен. АЧ
76	00				
77	00				
0500	I6	050I	750I	76I0	I0 $\rightarrow$ 2 для библиотеки исходных данных, кроме ЧМ вариантов
I	52	0350	0042	0463	Обход останова
2	56		0504	0I1I	Останов для исправления управ. кода
3	77	0I00			

0504	20	000I		0I00
5	52			
6	5 55	773I	0I00	0I0I
7	36	0I04	0503	0I03
10	I 12	0003	0506	000I
11	53		0I00	0I04
12	15	0I04	0III	
13	36	0I04	05I5	0III
14	52			05I5
15	00			
16	4 54	0034	0I04	0II0
17	36		0503	
20	55	772I	0II0	
21	4 52	7777		05I5
22	36		05I5	
23	52			0524
24	00			
25	4 54	0050	0I03	0I07
26	36		0503	
27	55	772I	0I07	
30	4 52	7777		0524
31	36		0524	
32	33	7724	05I5	0II2
33	15	0473	0II2	
34	36		0772	
35	72		0II2	
36	4 00	I050		0II3
37	52			
40	5 55	773I	0II3	0II4
41	36	0II7	05I5	0II6
42	I 12	0003	0540	000I
43	33	7732	0524	0I4I
44	13	77II	0I4I	0II7
45	65	0II7	0II6	0II7
46	13	0II4	0II7	0II7
47	74	775I	0II7	0II7
50	13	0466	0II7	0553
51	13	0465	0II6	0554
52	52			
53	00			
54	00			
55	15		0I5I	
56	36		0524	
57	16	0560	750I	76I0
60	I 52	0I50	0042	0I47
61	52			0562
62	00			
63	4 54	0064	0I02	0I06

[ ДЗУ - I ] → 0I00  
 0 → PA  
 Цикл по обработке управляющего кода  
 l-ый код = 0? Да, уход на останов  
 Конец цикла по обработке  
 Выделение  $\mathcal{M}$  КОП  
 $\mathcal{M}$  КОП<sub>ст</sub> =  $\mathcal{M}$  КОП<sub>нов</sub>?  
 Да, продолжение поиска.  
 Начало блока поиска типа  $\mathcal{L}$  вх  
 52 0 (I 0000 - № разр) 0  
 Сдвиг вправо на 100 - (34 + [PA]) разр.  
 Код = 0, конец поисков  
 Проверка последнего разряда на единицу  
 [PA - I] → 05I5  
 Послед. разряд = 0, продолжение поиска  
 Начало блока поиска номера варианта

№ типа → 0II2  
 № типа = 00II?  
 Да, ПУ на программу счета " по точкам"  
 № типа в PA  
 Строка TX в раб. ячейку  
 0 → PA  
 Цикл по обработке строки TX

Конец цикла  
 Обработка коэффициентов строки TX

Формирование команд пересылки  
 ЧМ варианта в рабочие ячейки  
 Начало цикла пересылки  
 } Цикл пересылки  
 2-ой коэфф. ЧМ = 0?  
 Да, уход на поиски нового варианта  
 IO → 2 ЧМ варианта  
 Начало блока поиска марки кабеля

0564	36		0524	
65	55	772I	0I06	
66	4 52	7777		0562
67	36			057I
70	52			
71	00			
72	4 54	0I00	0I0I	0I05
73	36		0562	
74	55	772I	0I05	
75	4 52	7777		057I
76	36		057I	
77	33	7724	057I	0I20
0600	72		0I20	
I	4 15	0427		0050
2	36		057I	
3	33	7732	0562	0I2I
4	54	0I02	0I2I	0I22
5	72		0I22	
6	4 15	0353		
7	36		0562	
10	4 05	0352	0050	005I
11	05	005I	005I	005I
12	05	005I	0450	005I
13	2 04	005I	0353	005I
14	04	0446	005I	0054
15	6 02	035I	0352	0052
16	02		0052	
17	76	0475	0626	0673
20	05	0052	0050	0052
21	05	0052	045I	0052
22	2 04	0052	0353	0052
23	04	0447	0052	0053
24	05	0054	0053	0054
25	00	0474		0673
26	72		0II2	
27	2 72		I050	
30	3 16	063I		000I
31	05	0055	0454	0056
32	04	005I	0455	0077
33	06	0II0	0077	0053
34	02	0056	0053	
35	76	0055	0637	0053
36	46	0II0	0056	0077
37	74	775I	0II2	0I25
40	I3	7722	0I4I	0I26
41	74	7750	0I26	0I26
42	I3	7722	0I2I	0I27

Начало блока поиска длины отрезка

№ отрезка → 0I20

$l = 0$ , ПУ на поиски нового отрезка  
 Выборка сведений о кабеле

$f_i = 0$ ?  
 Да, поиски следующей марки кабеля  
 $A_0 l$   
 $(A_0 l)^2_{KI}$   
 $\tau_0$   
 $A - A_0$

Засылка обращения к укорочен. АЧ

$\tau_1$   
 $\kappa_0$   
 Засылка обращения к полной АЧ  
 № типа в PA  
 $\alpha$  прогр в PA  
 ПУ на программу вычисл.  $\tau$  возд  
 Интервал T  
 Начало блока H<sub>нач</sub>

Начало блока печати условного кода

0643	54	0064	0I20	0I30
44	52		0003	0I3I
45	4 I3	0I25	0I3I	0I3I
46	I 32	000I	0645	7777
47	I6	0650	750I	76I0
50	52	0I3I	0007	0I3I
5I	72		0I22	
52	4 00	0350		3773
53	52			5777
54	5 00	0050		3774
55	I I2	0003	0654	000I
56	I 00			3777
57	I 32	0002	0656	7777
60	I6	066I	750I	76I0
6I	72	3773	0027	4000
62	46	0I02	0077	4004
63	I6	0664	II25	II46
64	32		0666	0004
65	5 0I	3774	0077	4000
66	4 00	4000		0063
67	2 06	0073	4000	0057
70	I6	067I	750I	76I0
7I	00	0057	0I20	0060
72	I 00			4000
73	00			4003
74	I 00	0456	4003	4003
75	5 05	4003	0054	4003
76	00			
77	00			0065
0700	6 52			07I0
I	2 02	0063	4000	0067
2	00			007I
3	2 05	0070	4003	007I
4	6 02	4000	3774	0067
5	05	007I	0067	007I
6	0I	0065	007I	0065
7	I 32	0005	070I	7774
IO	00			
II	I 00	0065		4002
I2	I I2	00I0	0725	
I3	4 02	4000	0072	
I4	36	07I0	0755	5776
I5	6 02	4002	3776	0076
I6	03	0076		0076
I7	04	0076	0460	0076
20	76		0726	

Печать условного кода

Блок образования "шапки"  
Очистка счетчика для СП - 0IIO  
Цикл переноса начальных данных

$t_0 = 0, U_{вх} = 0, U_{вых} = 0, v(0) = 0$

Печать "шапки"

ПУ на печать десятичной усл. строки

$t_{i-1} + H = t_i$   
 $t_i \rightarrow$  раб. яч. АЧ  
 $h_{инт} = t_i / 32$   
 Обращение к программе вычисл. интеграла  
 $\langle h \rangle \quad N_{сн} \quad \langle \alpha \rangle$   
 $\langle a \rangle \quad \langle b \rangle$   
 $\langle f \rangle \quad вх. АЧ \quad вых. АЧ$   
 $\langle \epsilon \rangle \quad \langle j \rangle$   
 $J.к. = v(t)$

Очистка ячейки суммы  
Запоминание [РА]оп

$t_i - t_j$   
ПУ в блок вычисления  $U_{вх}$

$U_{вх}(t_i - t_j)v(t_j)$   
 $\Delta t_j$   
 $U_{вх}(t_i - t_j)v(t_j)\Delta t_j$   
 Образование суммы

Конец цикла по j

Восстановление РА

$U_{вых}(t_i)$   
Обход блока дробления шага при  $i < 2$

$t_i - t_{прок}$

$U_{вых}(t_i) - U_{вых}(t_{i-1})$   
 $\Delta U_{вых}$

072I	2I	7753	0076	0076
22	0I	7762	0076	0076
23	04	0077	0076	0077
24	4 56	4000	0665	0072
25	00			0072
26	6 02	4003	3777	0076
27	76		0753	
30	4 02	4000	0073	
3I	36		0755	
32	00			
33	05	005I	046I	0073
34	I6	0735	0755	0732
35	6 0I	4003	3777	0075
36	04	0076	0075	0075
37	03	0075	0457	
40	76		0755	
4I	06	0I0I	0077	0077
42	6 52			0I24
43	33	0467	0I24	0I24
44	2I	0I24		0074
45	2 02	0056	4000	0075
46	05	0074	0077	0076
47	02	0075	0076	
50	76		0755	
5I	04	0075	0074	0077
52	56		0755	
53	00			0073
54	00			0732
55	4 00	4000		0067
56	06	0752	0077	0077
57	I 75	0070	77I4	400I
60	I6	076I	750I	76I0
6I	7 52	4000	0IIO	4002
62	52	3476	5777	3767
63	I I2	I770	0665	0004
64	5 0I	3774	0077	4000
65	I6	0766	750I	76I0
66	5 52	4000	0IIO	4000
67	52	3476	5777	3767
70	I6	077I	II44	II46
7I	56		057I	
72	33	7732	0524	0I4I
73	72		0I4I	
74	4 I5	I062		0I34
75	55	7734	0I34	0I35
76	36		0524	
77	54	0I0I	0I35	0I35

Выделение целой части  
Число мелких шагов  $H'$   
Длина мелкого шага  $H'$   
ПУ на вычисления с мелким шагом

$v(t_i) - v(t_{i-1})$

$t_i - t_{запр}$

Коммутатор  
 $t_{запр} = p\tau_0$   
ПУ на вычисления  $U_{вх}(t_i)$

ПУ на вычисления  $U_{вх}(t_i)$   
Удвоение шага

Число оставшихся шагов  
 $T - t_i$   
Начало блока коррекции шага

ПУ на вычисление  $U_{вх}(t_i)$   
Н корр  
ПУ на вычисление  $U_{вх}(t_i)$

Очистка ячейки коммутатора  
 $t_i$   
Команда ухода в блок  $U_{вх}(t_i)$   
Метка +  $U_{вх}(t_i)$   
Обращение к программе накопления  
и печати СП - 0IIO

Конец цикла, возврат на обсчет  $t_{i-1}$

Допечатка, СП - 0IIO

Повторная печать дес. условн. строки  
ПУ в блок поиска длины отрезка  
Начало блока обработки числового  
массива при счете " по точкам "  
Перенос заголовка варианта в раб. яч.  
Обработка заголовка

1000	I3	0470	0I35	0I36	
I	34	775I	0I34	0I37	
2	I3	0I36	0I37	0I37	I I2 2(n-1) + α I005 0002
3	34	7750	0I34	0I37	
4	72		0I37	0I40	
5	4 00			0072	$t_i$ в раб. ячейку массива $t$
6	4 00	000I		0073	$U(t_i)$ в раб. ячейку массива $U(t)$
7	4 72		0I40	0I37	
10	I 00	0072		0I50	Образование массива $t$
11	I 00	0073		0250	Образование массива $U(t)$
12	4 72	000I	0I37	0I40	
13	00				Конец цикла
14	72		0I40		
15	I6	I0I6	750I	76I0	
16	I 52	0I50	0042	0I47	IO → 2 массива $t$
17	I6	I020	750I	76I0	
20	I 52	0250	0042	0247	IO → 2 массива $U_{вх}(t)$
21	33	0I40	7722	0I40	
22	I3	047I	0I40	I042	Формирование строки обращения к СП-0I25
23	56		056I		Возврат в ОП, конец блока обработки ЧМ
24	56	I026	I030	0702	Начало блока вычисления $U_{вх}(t)^n$ по точкам
25	00				Команда возврата в яч. 063I ОП
26	I6	0703	I033	I044	Для ячейки 0702 ОП
27	I6	0757	I033	I044	Для ячейки 0756 ОП
30	72		0I40		$n_{t_i-1}$ в РА
31	4 00	0I50		0055	$t$ возд
32	56	I027	I025	0756	
33	4 72		0I40	I043	$n_{t_i-1}$ в РА, запоминание [РА] прогр.
34	02		0067		
35	76		I043	0070	
36	4 02	0I50	0067		
37	36		I043	0070	
40	I6	I04I	750I	76I0	} Программа квадратичной интерполяции СП - 0I25
41	00	0067	0I25	0070	
42	00				} Восстановление РА основной программы Команда возврата в ОП
43	00				
44	00				} Пустые
45	00				
46	00				
47	00				
50	00				Начало таблицы характеристик со сл. яч.
51	00	0002	I076	2000	№ типа = I, сигнал прямоугольной формы
52	00	0002	II47	2030	№ типа = 2, сигнал треугольной формы
53	00	0003	I220	2060	№ типа = 3, сигнал ступенчатой формы
54	00				№ типа = 4
55	00				№ типа = 5
56	00				№ типа = 6

I057	00			
60	00			
61	00		I024	
62	00			
63	00			
64	00			
65	00			
66	00			
67	00			
70	00			
71	00			
72	00			
73	00			
74	00			
75	00			
76	56	II00	II02	0702
77	00			
II00	I6	0703	II04	III3
I	I6	0757	II04	III3
2	00	0I50		0055
3	56	II0I	I077	0756
4	4 52			III2
5	02	0067		
6	36		III2	0070
7	02	0I50	0067	
10	76	0I5I	III2	0070
II	00			0070
12	00			
13	00			
14	00			
15	00			
16	00			
17	I I3	0044		
20	I I3	0030		
21	I 27	0000	00I4	
22	I 43			00I2
23	20			
24	00	7400	7400	7400
25	54	0064	0I25	0I25
26	52			0I3I
27	7 I3	III7	0I25	0I25
30	3 I4	0I0I	0I25	0I25
3I	5 2I	0I25	7764	0I25
32	I6	II33	750I	76I0
33	5 75	0I25	00I0	0I25
34	3 I4	0044	0I25	0I25
35	3 55	773I	0I25	0I25

Продолжение таблицы характеристик

№ типа = 9, счет " по точкам "  
Заголовок I-го варианта счета "по точкам"  
Продолжение таблицы заголовков

Заголовок I2-го варианта  
Начало блока  $U_{вх}$  для прямоугол. сигнала  
Команда возврата в яч. 063I ОП  
Для ячейки 0702 ОП  
Для ячейки 0756 ОП  
 $t_{возд} = t_{имп}$

Запоминание [РА] основной программы  
 $t \geq 0$ ?  
да, дальше;  $U_{вх} = 0$   
 $t_{имп} - t$   
 $U_{вх} = U_{имп}$   
 $U_{вх} = 0$

Восстановление РА основной программы  
Команда возврата в ОП

} Пустые

} Константы для формирования строки  
десятичных номеров клавиш ДЗУ - I

Начало блока формир. десятичной строки

Сложение с константой  
Сдвиг влево на I разряд  
Сложение с I/2 и нормализация

} IO → 2  
Сдвиг в АЗ и еще на 4 разряда вправо  
Выделение АЗ

II36	I 12	000I	II40		Обход сдвига для I-го номера
37	7 74	7747	0I25	0I25	Сдвиг по адресам
40	4 I3	0I25	0I3I	0I3I	Образование строки
4I	I I2	0003	II27	000I	Конец цикла
42	73	0I3I	II23	0I3I	Формирование I-го номера
43	75	0I3I	II24	0I3I	Образование промежутков между номерами
44	50	2I00		0I3I	} Печать строки
45	70	0I3I			
46	00				Команда возврата в ОП
47	56	II5I	II53	0702	Начало блока $U_{вх}$ для треугол. сигнала
50	00				Команда возврата в яч. 063I ОП
5I	I6	0703	II55	II66	Для ячейки 0702 ОП
52	I6	0757	II55	II66	Для ячейки 0756 ОП
53	0I	0I50	0I5I	0055	$t_{возд} = t_1 + t_2$
54	56	II52	II50	0756	
55	4 52			II65	Запоминание (РА) основной программы
56	02		0067		$t > 0?$
57	76		II65	0070	
60	04	0067	0I50	0070	$t/t_1 = U_{вх}$
6I	76		II65		
62	02	0055	0067	0067	$t_{возд} - t$
63	36		II65	0070	
64	04	0067	0I5I	0070	
65	00				$U_{вх}$
66	00				Восстановление РА основной программы
67	56	776I	II75	006I	Команда возврата в ОП
70	02	0063	0060	006I	Начало АЧ интеграла
7I	04	006I	0052	006I	$t_i - \infty$
72	05	006I	006I	0062	$(t_i - \infty)/\tau_i$
73	06	0I02	0062	0062	$[(t_i - \infty)/\tau_i]^2$
74	0I	776I	0062	006I	$4[(t_i - \infty)/\tau_i]^2$
75	I5		0060		$1 + 4[(t_i - \infty)/\tau_i]^2$
76	36		I2I0	0064	$\infty = 0?$
77	06	0I02	0060	0062	$4\infty$
I200	04	005I	0062	0062	$\tau_0/4\infty$
I	I6	I202	750I	76I0	} $(\tau_0/4\infty)^{1/2}$
2	00	0062	000I	0452	
3	04	000I	006I	006I	} $(\tau_0/4\infty)^{1/2} / 1 + 4[(t_i - \infty)/\tau_i]^2$
4	03		0062	0062	
5	I6	I206	750I	76I0	} $e^{-\tau_0/4\infty}$
6	00	0062	0003	0062	
7	05	0062	006I	0064	$f(\infty)$
IO	00				Команда выхода из АЧ
II	55	774I	05I4	05I4	} Команды восстановления ячеек ОП после работы сбойных карт
I2	55	774I	0523	0523	
I3	55	774I	056I	056I	
I4	55	774I	0570	0570	

I2I5	00	0472		05I3	Восстановление ячейки 05I3
I6	I6	057I	077I	077I	Возврат в ОП и восстановление яч. 077I
I7	00				
20	56	I222	I224	0702	Начало блока $U_{вх}$ для ступенч. сигнала
2I	00				Команда возврата в яч. 063I ОП
22	I6	0703	I226	I236	Для ячейки 0702 ОП
23	I6	0757	I226	I236	Для ячейки 0756 ОП
24	0I	0I50	0I5I	0055	$t_{возд} = t_1 + t_2$
25	56	I223	I22I	0756	
26	4 52			I235	
27	02		0067		
30	76		I235	0070	
3I	04	0067	0I50	0070	$t/t_1 = U_{вх}(t)$
32	76		I234		
33	00	776I		0070	$U_{вх}(t) = 1$
34	05	0070	0I52	0070	$U_{вх}(t) = U_0 \cdot U$
35	00				Восстановление РА основной программы
36	00				Команда возврата в ОП
37	4 72		I273	I272	Смена счетчиков
40	6 02	4000	3774	0076	$t_i - t_{i-1} = H$
4I	66	7762	0076	0077	$H/4$
42	5 02	4000	0077	4004	
43	I6	I244	0665	07I2	ПУ на вычисление интеграла
44	2 52		0004		
45	I6	I246	0666	07I2	ПУ на вычисление интеграла
46	6 02	4002	3776	0076	$U(z) - U(1) = \Delta U$
47	02		0076		$ \Delta U  \leq 0$ , выход из цикла
50	4 76	3776	I277	0066	$1/2 t_{уст}$
5I	04	0077	0076	0074	
52	4 00	3774		0075	
53	4 72		I272	I273	Смена счетчиков
54	I 26	776I	0074	3476	$t_{уст}$
55	I 75	77I4	0075	3477	
56	I I2	000I	I262		Обход при счете I-ой производной
57	6 03	3476	3474	0076	
60	2 04	0076	3476	0076	
6I	03	0076	0462		
62	I 5I	0032	I237	0002	Конец цикла вычисления производных
63	I 00	0066		3476	
64	I6	I265	750I	76I0	} $\ln t_{уст}$
65	5 00	3474	0004	3477	
66	5 04	3477	0453	3500	$\lg t_{уст}$
67	I6	I270	750I	76I0	Печать $t_{уст}$ , $t_i$ , $U_{вх}(t_i)$ , $\ln t_{уст}$ , $\lg t_{уст}$
70	5 72	3474	0027	3500	Возврат в ОП, восстановление яч. 07I2
7I	56	0464	0770	07I2	Счетчик числа производных
72	00				РА основной программы
73	00				

I274	# 00	3776		0076
75	16	I276	7501	7610
76	72	0075	0027	0076
77	16	I300	7501	7610
I300	52	7747	0007	7747
I	56	0464	0770	0712
	17	3367	5660	7717

СБОЙНЫЕ КАРТЫ.

0017	77			
20	20	0002		0142
21	32		0023	
22	54	0064	0142	0142
23	4 52		7777	0031
24	4 54	0101	0142	0143
25	55	7721	0143	
26	I 12	7764	0017	7777
27	36		0024	
30	4 52	0002		0143
31	52			
32	I 74	7750	0143	0144
33	I 12	0003	0022	0001
34	13	0514	0147	0514
35	13	0523	0146	0523
36	13	0561	0145	0561
37	13	0570	0144	0570
40	16	I211	0514	0771
		0513		
0513	56		0020	

Печать  $t_i$  и  $u_{вх}(t_i)$ ,  
если производная не может быть вычислена  
Печать 7777....., если при вычислен.  
производной не достигнута точность  
Возврат в ОП, восстановление яч. 0712  
Контрольная сумма программы

КА  
Останов для исправления упр. кода  
[ДЗУ - 2] → 0142  
Обход при РА = 0

Восстановление РА

Конец цикла

Формирование команд для ОП

ПУ в ОП, подготовка команд восстановл.

КА  
ПУ на начало сбойных карт

КАРТА ВЫДАЧИ НА ПЕЧАТЬ  $v(t_i)$

		0761		
0761	7 52	4000	0110	4003
62	52	3470	5777	3767
		0767		
0767	52	3470	5777	3767

КАРТА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ  $t_{уст}$

0755	56		0757	
56	00			
57	4 02	4002	7764	
60	76		I240	I272
61	I 12	I770	0665	0004
62	4 56	3774	I274	0075

КА  
Обход ячейки 0756  
 $U_{вх}(t_i) - 0,5$

ПУ на печать, если  $U_{вх}(t_{уст}) < 0,5$

Схема построения подпрограммы  $u_{вх}(t)$ .

Подпрограмма состоит из строки, вносимой в таблицу характеристик (ТХ), и блоков, вычисляющих  $t_{возд}$  и  $u_{вх}(t)$ . Строка ТХ имеет следующий вид:

1050+№ типа КА  
1050+№ 00  $n_{коэф}$   $\alpha_{прогр}$   $\alpha_{1цм}$   
Блоки, вычисляющие  $t_{возд}$  и  $u_{вх}(t)$  располагаются друг за другом, начиная с  $\alpha_{прогр}$

$\alpha$	56	$\alpha+2$	$\alpha+4$	0702	КА Начало блока $t_{возд}$
$\alpha+1$	00				Для команды возврата в ОП
$\alpha+2$	I6	0703	$\alpha+8+1$	$\alpha+w$	Для ячейки 0702 ОП
$\alpha+3$	I6	0757	$\alpha+8+1$	$\alpha+w$	Для ячейки 0756 ОП
$\alpha+4$		Блок вычисления $t_{лог}$			К началу работы блока ЧМ варианта пере-
...		По окончании работы $\langle t_{лог} \rangle = 0055$			веден в "2" систему и расположен в МО-
...					ЗУ, начиная с ячейки 0150
$\alpha+8$	56	$\alpha+3$	$\alpha+1$	0756	Конец блока $t_{возд}$
$\alpha+8+1$	4 52		$\alpha+w-1$		Запоминание РА основной программы
$\alpha+8+2$		Блок вычисления $u_{вх}(t)$			В блоке предусмотреть $u_{вх}(t < 0) = 0$
...		К началу работы $\langle t \rangle = 0067$			$u_{вх}(t > t_{возд}) = 0$
...		По окончании работы $\langle u_{вх}(t) \rangle = 0070$			
$\alpha+w-1$	00				Восстановление РА основной программы
$\alpha+w$	00				Для команды возврата в ОП

Пояснения:  $n_{коэф}$  - (число)<sub>8</sub> величин, входящих в числовой массив варианта;  $\alpha_{1цм}$  - адрес начала ЧМ первого варианта. Всего под массивы всех вариантов отводится  $(I4 \times n)_{8}$  ячеек. Второе число любого массива не должно быть нулем.

К настоящему времени в основную программу введены 4 подпрограммы для различных типов входных воздействий.

№ типа = 1 (клав. 37) - сигнал прямоугольной формы.  $\alpha_{1цм} = 2000$ . ЧМ варианта содержит 2 числа:  $t_1$  - длительность импульса в нсек,  $U$  - амплитуда импульса.

№ типа = 2 (клав. 38) - сигнал треугольной формы.  $\alpha_{1цм} = 2030$ . ЧМ варианта содержит 2 числа:  $t_1$  - длительность фронта в нсек,  $t_2$  - длительность спада в нсек.

№ типа = 3 (клав. 39) - сигнал ступенчатой формы.  $\alpha_{1цм} = 2060$ . ЧМ варианта содержит 3 числа:  $t_1$  - длительность фронта в нсек,  $t_2$  - длительность плоской части в нсек,  $U$  - амплитуда плоской части в относительных единицах.

$$\int_0^t K(t-\tau) \varepsilon_{\tau}(\tau) d\tau = u(t)$$

$$K(t) = n(t) \frac{uc}{v_{опт}} \exp\left(-\frac{uc}{v_{опт}} t\right)$$

$$\mu = 3.05 \cdot 10^{-4}, \quad \ell = 10^4$$



№ типа = 9 (клав. 45) - сигнал произвольной формы. Числовой массив варианта задан в виде таблицы значений:  $t_1, U_{вх}(t_1), t_2, U_{вх}(t_2), \dots, t_q, U_{вх}(t_q)$ ;  $q < 64_{10}$  и должен быть снабжен заголовком:

		1040+№	вар		КА
1040+ №	00	$(q-1)_8$	0	$\alpha_{чм}$	$\alpha_{чм}$ - адрес I -ой строки таблицы.

$t_2$  не должно быть нулем.

Некоторые сведения о построении библиотеки исходных данных.

Под длины отрезков кабелей отведены ячейки 0430 - 0443. Им соответствуют клавиши ДЗУ - I с I по I2. Длины кабелей должны быть заданы в метрах.

Данные об электрических свойствах кабелей хранятся в ячейках 0350 - 0427. Для каждой марки кабеля отведено 4 ячейки: марка кабеля в виде десятичного числа, напр. 00 100700110, величина полного затухания  $A$  в дБ/ 100 м, величина затухания  $A_c$  в дБ/ 100 м, частота  $f$ , при которой замерены  $A$  и  $A_c$ , в Мгц.

Каждой марке кабеля соответствует одна из клавишей ДЗУ -I, начиная с № I3 по № 24.

Числовые массивы вариантов вводятся в расчет согласно коду в AI ДЗУ - I. Первому варианту соответствует клавиша № 25.

Список стандартных программ,  
используемых при работе основной программы.

- СП - 0001 -  $x^y$ ,
- СП - 0003 -  $e^x$ ,
- СП - 0004 -  $\ln x$ ,
- СП - 0007 - восьмеричная печать,
- СП - 0010 - перевод числа из двоичной системы в десятичную,
- СП - 0027 - перевод массива чисел из двоичной системы в десятичную и печать,
- СП - 0042 - перевод массива чисел из десятичной системы в двоичную,
- СП - 0110 - перевод в десятичную систему с накоплением и последующей печатью,
- СП - 0120 - вычисление интеграла с автономным выбором шага,
- СП - 0125 - квадратичная интерполяция с произвольным шагом.