

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РСФСР**

**Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

**Методические указания к лабораторной
работе В 4**

по курсу "Механические воздействия и защита РЭА"

КУЙБЫШЕВ 1987

УДК 621.396.001.2.

Приводятся содержание и методика выполнения лабораторной работы по курсу "Механические воздействия и защита РЭА".

Работа посвящена исследованию свободного колебательного движения механической системы с сосредоточенными параметрами, связанной упругим звеном с неподвижным основанием. Система имеет одну степень свободы и исследуется с применением современных ЭВМ.

Автор-составитель

Гуськов В.А.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучение свободного колебательного движения механической системы с сосредоточенными параметрами, связанной упругим звеном с неподвижным основанием, освоение методов расчета основных параметров системы.

ЗАДАНИЯ:

1. Изучить расчетную модель механической колебательной системы с сосредоточенными параметрами.
2. Изучить параметры колебаний.
3. Освоить расчет параметров колебаний.
4. Изучить процессы, происходящие в системе.

ПРАВИЛА ПО ОХРАНЕ ТРУДА

1. Вся работа проводится строго в соответствии с данными методическими указаниями.
2. Включение оборудования производится только в присутствии и с разрешения преподавателя, под наблюдением лаборанта.
3. Не допускаются какие-либо работы и манипуляции на оборудовании не относящаяся к данной лабораторной работе.
4. Не разрешается проводить на оборудовании любые другие работы, кроме рабочих манипуляций органам включения и регулирования, съема выходных данных.
5. Не разрешается перемещать оборудование без специального разрешения преподавателя, проводящего занятия.
6. Не разрешается работать с неисправным оборудованием. При этом особое внимание должно быть обращено на исправность проводов питания.

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Во всех механических системах каждая из их точек связана с другими аналогичными точками упруго, т.е. каждая точка имеет возможность перемещаться по шести степеням свободы – три вдоль координатных осей, три – вокруг этих координатных осей. Следовательно, система имеет бесконечное (по числу точек) число степеней свободы вследствие конечных упругостей (жесткостей) ее элементов.

На практике во всех механических системах упругости между точками системы и, тем более, между элементами системы не равны и могут отличаться во много раз.

Типичным представителем механической колебательной системы является радиоэлектронный аппарат (РЭА), установленный на основании через достаточно упругое (гибкое) звено. Таким звеном может быть обычный амортизатор (система амортизации).

Нагр укая такую систему, отмечаем практически незаметные перемещения элементов (узлов) РЭА по сравнению его самого относительно основания вследствие значительной упругости гибкого звена (амортизатора) сравнительно с другими упругостями исследуемой системы.

Это дает нам возможность представить систему в виде абсолютно жесткого (неупругого) РЭА, имеющего массу m , связанную с основанием упругой связью с коэффициентом жесткости k . Идеальная упругая связь возвращает запасенную энергию перемещения.

Реальные упругие связи обладают еще способностью необратимо поглощать и рассеивать энергию перемещения (демпфировать перемещение) путем соответствующего силового воздействия. Природа этих воздействий различна. Это может быть внутреннее трение в материале, сухое трение поверхностей, скоростное трение (аэро-гидродинамическое). Последнее называют также вязким трением. Будем полагать, что в нашей системе присутствует вязкое трение с коэффициентом демпфирования β .

Массу РЭА для рассматриваемой системы можно сосредоточить в центре масс (ЦМ), определяемом положением равнодействующей всех массовых сил. Если есть возможность связать центр масс РЭА с основанием через отмеченную выше реальную упругую связь, то рассматриваемую механическую систему можно представить в виде физической модели с одной степенью свободы (вдоль x) и сосредоточенными параметрами m , k , β . (рис. 1).

Математическая модель движения (колебаний) такой системы определяется дифференциальным уравнением:

$$m\ddot{x} + \beta\dot{x} + kx = 0 \quad (1)$$

где \ddot{x} , \dot{x} - соответственно вторая (ускорение) и первая (скорость) производные от перемещения x ЦМ.

или

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega^2 x = 0 \quad (2)$$

где $\delta = \frac{\beta}{2m}$ - коэффициент затухания колебаний;

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

k

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

- круговая частота собственных (свободных) колебаний недемпфированной системы ($\delta = 0$);
- коэффициент жесткости, представляющий статическую силу, способную вызвать перемещение, равное единице;
- частота колебаний недемпфированной системы, Гц;
- период колебаний, с⁻¹.

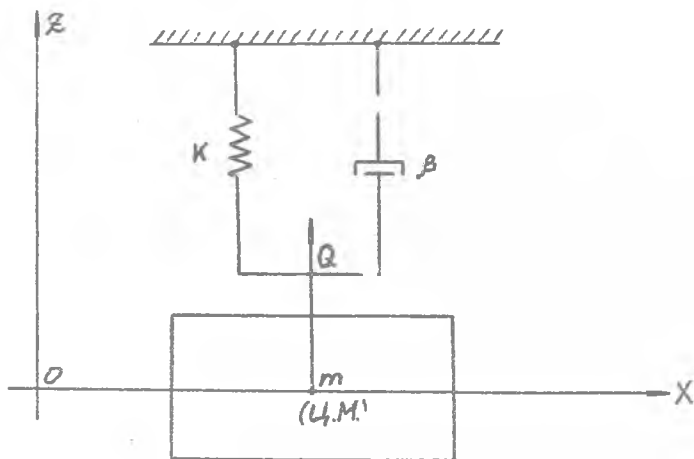


Рис. I. Физическая модель механической колебательной системы с одной степенью свободы и сосредоточенными параметрами

Уравнения (1), (2) определяют равновесие всех действующих на систему сил (динамических и статических). На систему, например, для приведения ее в свободное движение, может воздействовать постоянная сила Q , приложенная в ДМ, т.е.

$$m\ddot{z} + \beta\dot{z} + kz = Q \quad (3)$$

или

$$\ddot{z} + 2\delta\dot{z} + \omega^2 z = \frac{Q}{m} \quad (4)$$

Таким образом, размерность каждого члена уравнений (1), (3) - сила; уравнений (2), (4) - ускорение.

Решение уравнения (3) при $\delta < \omega$ представляет собой свободные затухающие колебания, рис. 2.

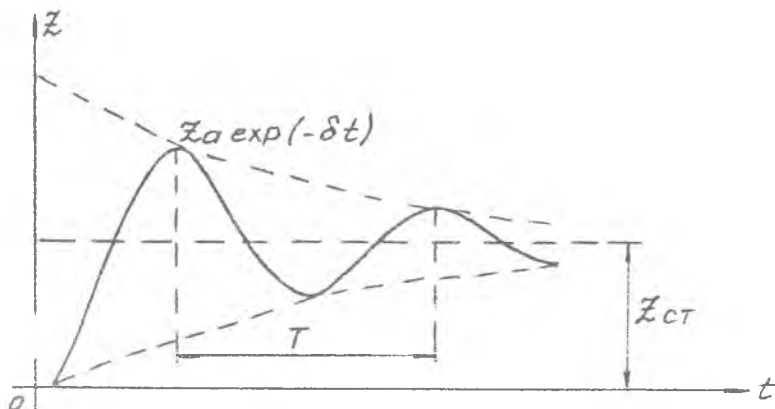


Рис. 2. Свободные затухающие колебания механической системы с демпфированием

$$z = z_0 \exp(-\delta t) \sin(\sqrt{\omega^2 - \delta^2} t + \psi) + z_{ст} \quad (5)$$

где z_0 - амплитуда колебаний (определяется из начальных условий)

$$z_0 = \sqrt{z_0^2 + \frac{(\dot{z}_0 + \delta z_0)^2}{\omega^2 - \delta^2}} \quad (6)$$

$z_{ст}$ - статический прогиб упругого звена под действием силы Q :

$$z_{ст} = \frac{Q}{k} \quad (7)$$

ψ - начальная фаза колебаний;

$$\psi = \arctg \frac{z_0 \sqrt{\omega^2 - \delta^2}}{\dot{z}_0 + \delta z_0} \quad (8)$$

z_0, \dot{z}_0 - начальные перемещение и скорость.

Круговая частота собственных (свободных) колебаний демпфированной системы:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

в большинстве случаев весьма близка к частоте собственных колебаний недемпфированной системы, т.к. обычно $\omega \gg \delta_0$

Произведение $\xi a \exp(-\delta t)$ представляет собой верхнюю огибающую кривой затухающих колебаний. Отношение любых двух последовательных амплитуд остается неизменным в течении всего процесса:

$$\frac{\xi_i}{\xi_{i+1}} = \frac{\xi a \exp(-\delta t_i)}{\xi a \exp[-\delta(t_i + T)]} = \exp(\delta T) \quad (9)$$

где $T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}} \approx \frac{2\pi}{\omega}$ - период колебаний (10)

Параметр $\Lambda = \delta T = \ln \frac{\xi_i}{\xi_{i+1}}$ (11)

характеризует скорость затухания колебаний и называется логарифмическим декрементом колебаний.

При сильном демпировании (когда $\delta > \omega$) решение уравнения (3) определяет аперiodический характер движения системы (без периодических колебаний).

Факторами, отрицательно влияющими на РЭА, являются: амплитуда виброскорости ($\dot{\xi} a$), амплитуда виброперемещения (ξa), амплитуда виброускорения ($\ddot{\xi} a$), время воздействия ξa , $\dot{\xi} a$, $\ddot{\xi} a$.

Амплитуда виброускорения в технических приложениях часто характеризуется коэффициентом виброперегрузки:

$$n_b = \frac{|\ddot{\xi} a|}{g} = \frac{|\xi a \cdot \omega^2|}{g}$$

где g - ускорение силы тяжести.

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ПРОВЕРКЕ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

- 2.1. Физическая модель колебательной системы с одной степенью свободы.
- 2.2. Дифференциальное уравнение колебательной системы с одной степенью свободы.
- 2.3. Что такое коэффициент жесткости?

- 2.4. Как определить частоту собственных колебаний систем ?
- 2.5. Что такое начальные условия?
- 2.6. Как определить период колебаний?
- 2.7. Что такое виброперегрузка?

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. По указанию преподавателя выберите вариант математической модели системы (приложение П1)
- 3.2. Определите частоту колебаний недемпфированной системы с точностью не хуже, чем 0,0001.
- 3.3. Найдите шаг интегрирования из условия, чтобы вычислить движение системы не менее, чем в 20 точках (число интервалов интегрирования) на двух периодах колебания.
- 3.4. Найдите Z_{cr}
- 3.5. Определитесь с начальными условиями
- 3.6. Определитесь с точностью итерации (в пределах 0,0001...0,000001), определяющей точность вычисления Z_c .
- 3.7. Включите электронную вычислительную машину (ЭВМ) и произведите решение дифференциального уравнения по п.3.1. Запишите результаты вычислений в таблицу (см. приложения П.2, П.3)
- 3.8. Постройте в одной системе координат графики Z , \dot{Z} , \ddot{Z} , определите Z_{cr} (нанесите на график как асимптоту Z) Λ, T, f, n_b (для Z_{amax} и соответствующей \dot{Z}).
- 3.9. Определите погрешность вычисления частоты без учета демпфирования:

$$\Delta \omega = \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \cdot 100\%$$

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать необходимые разделы со следующими заголовками:

- 4.1. Цель работы
- 4.2. Модели колебательной системы
- 4.3. Расчетные параметры модели колебательной системы
- 4.4. Результаты моделирования на ЭВМ
- 4.5. Выводы.

Примечание: Все разделы отчета должны быть увязаны по изложению, обозначениям, терминологии и т.д., содержать необходимые

выкладки, формулы, пояснения и обозначения.
Отчет выполняется как текстовый документ
по ЕСКД.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАБОТЕ

- 5.1. Приведите физическую и математическую модели колебательной системы.
- 5.2. Как можно возбудить колебания в системе?
- 5.3. К чему стремится \mathcal{E} при $t \rightarrow \infty$?
- 5.4. Как определить логарифмический декремент колебаний?
- 5.5. Как определить частоту колебаний?
- 5.6. Что такое огибающая колебаний?
- 5.7. В какой причинно-следственной связи находятся $\mathcal{E}, \dot{\mathcal{E}}, \ddot{\mathcal{E}}$?
- 5.8. Какой характер носит движение колебательной системы при $\delta > \omega$?

ЛИТЕРАТУРА

1. Токарев М.Ф. и др. Механические воздействия и защита радио-электронной аппаратуры -М.: Радио и связь, 1984, стр. 10...11; 36...37; 41...45, 50...51.
2. Конспект лекций по курсу "Механические воздействия и защита РЭА".

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1. $\ddot{x} + 2,2 \dot{x} + 47x = 20$

$D = 0,1; \quad N = 1,1; \quad P = 6,7668$

| Время | Координата | Скорость | Ускорение |
|-------|------------|----------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 20 |
| 0,1 | 0,0815 | 1,6293 | 12,5866 |

2. $9 \ddot{x} + 21,5 \dot{x} + 527x = 820$

$D = 0,1; \quad N = 1,1944; \quad P = 7,5584$

| Время | Координата | Скорость | Ускорение |
|-------|------------|----------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 91,111 |
| 0,1 | 0,3599 | 7,1977 | 52,8433 |

3. $7,1 \ddot{x} + 25 \dot{x} + 281x = 273$

$D = 0,1; \quad N = 1,7606; \quad P = 6,0397$

| Время | Координата | Скорость | Ускорение |
|-------|------------|----------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 38,4507 |
| 0,1 | 0,1508 | 3,0158 | 21,864 |

4. $16,1 \ddot{x} + 48,7 \dot{x} + 731x = 1473$

$D = 0,1; \quad N = 1,5124; \quad P = 6,5663$

| Время | Координата | Скорость | Ускорение |
|-------|------------|----------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 91,4907 |
| 0,1 | 0,3966 | 7,9318 | 49,4904 |

5. $3,7 \ddot{x} + 8 \dot{x} + 150x = 453$

$D = 0,1; \quad N = 1,0811; \quad P = 6,2747$

| Время | Координата | Скорость | Ускорение |
|-------|------------|----------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 122,4324 |
| 0,1 | 0,5061 | 10,1229 | 80,0257 |

Примечания: I. Для контроля правильности ввода исходных данных и программы приведены результаты расчетов первых двух точек графиков решений дифференциальных уравнений.

2. Размерности - м, кг, Н, с.

Приложение 2

ИНСТРУКЦИЯ

по работе с программой "КОЛЕБАНИЯ-1" для микро-ЭВМ ДЗ-28.

1. Получите у лаборанта компакт-кассету с записью интерпретатора алгоритмического языка версий Бейсик - ЗА или Бейсик ЗА-ТОМ- \mathcal{L} , а также с записью программы "КОЛЕБАНИЯ-1".
2. Включите ЭВМ и дисплей.
3. На пульте ЭВМ нажмите кнопку С.
4. Вставьте компакт-кассету с интерпретатором в лентопротяжный механизм (ЛПМ), перемотайте ленту в начало, затем нажмите на пульте ЭВМ кнопку СЛ. Началась загрузка интерпретатора. Если при загрузке загорелся на панели индикации хотя бы один индикатор, повторите загрузку (после останова ЛПМ) нажатием кнопки С, СЛ. После останова ЛПМ проверьте контрольную сумму, нажав кнопку КЛ. При несовпадении контрольных сумм повторите ввод (п.4).
5. Запустите интерпретатор, подав с пульта команды С, \mathcal{S} . На экране дисплея должно появиться: Бейсик ДЗ-28, ВАРИАНТ -ЗА. СНИМИТЕ КАСSETУ. После этого снимите компакт-кассету с ЛПМ и дайте подтверждение нажатием клавиши ПС на пульте дисплея, после чего на дисплей выведется: НОМЕРА ВНЕШНИХ ПОДПРОГРАММ? Нажмите вновь клавишу ПС. Интерпретатор готов к работе. В левом углу экрана мерцает, если нет - нажмите ПС или повторите п.3.
6. Вставьте компакт-кассету с программой "КОЛЕБАНИЯ-1" в ЛПМ, перемотайте ленту в начало и наберите на клавиатуре дисплея $LOAD$, нажмите ПС. Идет загрузка программы до останова ЛПМ. После останова нажмите ПС, введите с пульта дисплея $LIST$, затем вновь нажмите ПС - на экран выводится программа, которую можно проконтролировать. При отсутствии программы повторите ее ввод.
7. Наберите на пульте дисплея RUN , затем нажмите ПС. ЭВМ вступает с Вами в диалог. Отвечайте ей с пульта дисплея, задавая запрашиваемые данные после их набора нажатием клавиши ПС. При вводе дробных чисел вместо запятой набирайте точку.
8. Запишите выводимые на экран данные (D , N , P - сразу же после их выдачи).
9. При непредвиденном останове диалога на пульте ЭВМ наберите ШН, М. Повторите п.7.

ПРОГРАММА "КОЛЕБАНИЯ-1" для микро-ЭВМ ДЭ-28.

```

5 PRINT TAB(30) 'КОЛЕБАНИЯ-1
10 PRINT ; PRINT
15 INPUT 'ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ИНТЕРВАЛОВ ИНТЕГРИРОВАНИЯ N1 = 'N1
20 INPUT 'ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЕ ШАГА ИНТЕГРИРОВАНИЯ D = 'D
25 DIM T(N1), X(N1), Y(N1), Z(N1)
30 INPUT 'ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ КООРДИНАТЫ X = 'X(φ)
35 INPUT 'ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СКОРОСТИ Y = 'Y(φ)
40 INPUT 'ВВЕДИТЕ ТОЧНОСТЬ ИТЕРАЦИИ E1 = 'E1
45 INPUT 'ВВЕДИТЕ МАССУ ТЕЛА M = 'M
50 INPUT 'ВВЕДИТЕ ПОСТОЯННУЮ ДЕМПФИРОВАНИЯ C = 'C
55 INPUT 'ВВЕДИТЕ ЖЕСТКОСТЬ K = 'K
56 INPUT 'ВВЕДИТЕ СЛЫ Q = 'Q
57 LET N = C/(2 * M)
58 LET P = SQR(K/M - N * N)
65 PRINT
71 PRINT ' КОЭФФИЦИЕНТ ЗАТУХАНИЯ N = 'N
72 PRINT ' КРУТОВАЯ ЧАСТОТА P = 'P
75 PRINT
80 PRINT TAB(5) 'ВРЕМЯ' , TAB(20) ' КООРДИНАТА' ,
TAB(38) 'СКОРОСТЬ' , TAB(57) 'УСКОРЕНИЕ'
90 LET Z(φ) = (Q - C * Y(φ) - K * X(φ)) / M
91 PRINT
95 PRINT TAB(7) ' β ' , TAB(18) X(φ) , TAB(36) Y(φ) , TAB(54) Z(φ)
100 FOR I = 1 TO N1
105 LET T(I) = I * D
120 IF I = 1 THEN 145
125 LET A = Y(I-1) + Z(I-1) * D/2
130 LET B = X(I-1) + Y(I-1) * D/2
140 GOTO 160
145 LET A = Y(φ) + Z(φ) * D/2
150 LET B = X(φ) + Y(φ) * D/2
155 LET Y1 = Y(φ) + Z(φ) * D
160 J = 1
165 GOTO 185
170 LET -J = J + 1
175 LET X(I) = X1

```

```

180 LET Y1=A+Z1*D/2
185 LET X1=B+Y1*D/2
190 LET Z1=(Q-C*Y1-K*X1)/M
191 IF J=1 THEN 170
195 IF J=10 THEN 205
200 IF ABS(X1-X(I))>=E1*ABS(X1) THEN 170
205 LET X(I)=X1
210 LET Y(I)=Y1
215 LET Z(I)=Z1
220 PRINT TAB(7) T(I), TAB(18)X(I), TAB(36)Y(I), TAB(54)Z(I)
225 NEXT I
230 PRINT! 4.4!
240 END

```

Приложение 3

ИНСТРУКЦИЯ

по работе с программой "КОЛЕБАНИЯ-ПМК I" для программируемого калькулятора (ПМК) семейства "Электроника БЗ-34".

1. При работе программы свободен регистр С.
2. Решается дифференциальное уравнение свободных колебаний механической системы с сосредоточенными параметрами методом предиктора-корректора при начальных условиях \ddot{x}_0 ; \dot{x}_0 ; (рекомендуется $\ddot{x}_0 = \dot{x}_0 = 0$), точность итерации ε (при вычислении \ddot{x}) рекомендуется выбирать в пределах $0,01 \dots 0,0001$. При увеличении точности увеличивается время счета. Шаг интегрирования Δt рекомендуется брать не более $0,1$ с. Уравнение имеет вид:

$$\ddot{x} = \frac{Q}{m} + \frac{B}{m} \dot{x} + \frac{K}{m} \cdot x$$

Программа расчета приведена ниже. Она набирается после включения ПМК и нажатии клавиши F ПРГ. После ввода программы набрать F АВТ.

3. Ввести исходные данные

$$\ddot{x}_0 - П1; \dot{x}_0 - П2; \frac{Q}{m} - П4; \frac{B}{m} - П5; \frac{K}{m} - П6; \varepsilon - П0; \Delta t - П8$$

4. Начать счет первой точки решения - В/0, С/П. (Примерное время счета - $40 \dots 90$ с).

При останове выводится на дисплей текущее время t (из регистра 9); далее $C/\Pi - \dot{x}$ (из регистра 1); $C/\Pi - \ddot{x}$ (из регистра 2); $C/\Pi - \ddot{\dot{x}}$ (из регистра 3).

5. Счет следующей точки - C/Π . -И так далее.

6. При необходимости счета с любого t после набора программы (п.2) ввести ранее рассчитанные параметры:

$$\Delta t - \text{п8}; t - \text{п9}; x - \text{п1}; \dot{x} - \text{п2}; \ddot{x} - \text{п3}; \frac{\dot{x}}{m} - \text{п4}; \frac{\ddot{x}}{m} - \text{п5}; \frac{K}{m} - \text{п6}; \varepsilon - \text{п0}$$

и выполнить: В/0, БП 68, далее в соответствии с п.п. 4,5.

7. Итерации j в программе выполняются по формулам:

$$(\dot{z}_i)_j = A_{i-1} + (\dot{z}_i)_{j-1} \cdot \Delta t/2, j > 1; (z_i)_j = B_{i-1} + (\dot{z}_i)_j \cdot \Delta t/2;$$

$$(\ddot{z}_i)_j = f[t, (z_i)_j, (\dot{z}_i)_j]; A_{i-1} = \ddot{z}_{i-1} + \dot{z}_{i-1} \cdot \Delta t/2;$$

$$B_{i-1} = z_{i-1} + \dot{z}_{i-1} \cdot \Delta t/2; (\dot{z}_i)_1 = \ddot{z}_0 \Delta t + \dot{z}_0.$$

ПРОГРАММА "КОЛЕБАНИЯ - ПМК I"

| | | | | |
|---------|---------|----------------------|---------|---------|
| 00. ПП | 20. + | 40. + | 60. П9 | 80. ПДВ |
| 01. 72 | 21. П2 | 41. ПЗ | 61. С/П | 81. 2 |
| 02. ИП1 | 22. ИПВ | 42. ИП1 | 62. ИП1 | 82. + |
| 03. П7 | 23. 2 | 43. ИП0 | 63. С/П | 83. ИП2 |
| 04. ИПВ | 24. + | 44. X | 64. ИП2 | 84. X |
| 05. ИПЗ | 25. ИП2 | 45. $F \cdot X^2$ | 65. С/П | 85. ИП1 |
| 06. X | 26. X | 46. $F \sqrt{\quad}$ | 66. ИПЗ | 86. + |
| 07. ИП2 | 27. ИПВ | 47. ПД | 67. С/П | 87. ПВ |
| 08. + | 28. + | 48. ИП1 | 68. ПП | 88. В/0 |
| 09. П2 | 29. П1 | 49. ИП7 | 69. 72 | |
| 10. БП | 30. ИП5 | 50. - | 70. БП | |
| 11. 22 | 31. ИП2 | 51. $F \cdot X^2$ | 71. I2 | |
| 12. ИП1 | 32. X | 52. $F \sqrt{\quad}$ | 72. ИПВ | |
| 13. П7 | 33. ИП4 | 53. ИЦД | 73. 2 | |
| 14. ИПВ | 34. + | 54. - | 74. + | |
| 15. 2 | 35. ПЗ | 55. $F \cdot X < 0$ | 75. ИПЗ | |
| 16. + | 36. ИПВ | 56. I2 | 76. X | |
| 17. ИПЗ | 37. ИП1 | 57. ИП9 | 77. ИП2 | |
| 18. X | 38. X | 58. ИПВ | 78. + | |
| 19. ИПА | 39. ИПЗ | 59. + | 79. ПА | |

Подписано в печать 24.08.87. Формат 60x84/1/16.
Бумага оберточная белая. Оперативная печать. Усл.п.л. 07.
Уч.изд.л. 06 Т. 100 Заказ № 390. Бесплатно.
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени академика С.П.Королева.

Участок оперативной полиграфии, КуАИ, г.Куйбышев,
ул.Ульяновская, 18.