

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ  
ИНСТИТУТ ИМ. С.П.КОРОЛЕВА

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА ШАССИ САМОЛЕТА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

Методические указания по курсовому проектированию

Составители: В.М.Ястребов, Л.А.Поляшкова

Куйбышев 1982

УДК 314.12

Излагается метод аналитического исследования рычажного механизма шасси самолета с использованием ЭВМ. Разработаны программы расчетов, позволяющие существенно сократить время на выполнение курсового проекта. Используются элементы оптимизации по углу давления.

Указания рекомендованы студентам, выполняющим курсовой проект по ТММ.

Рецензенты: Л.В. Мегедь, Ю.А. Еремин

Утверждены редакционно-издательским советом института 12.12.81 г.

ПРИМЕНЕНИЕ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ  
В АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ

В авиационной технике широко применяются рычажные механизмы с ведущим гидроцилиндром. К ним относятся механизмы выпуска и уборки шасси, управления рулями и закрылками.

Шасси—это система опор самолета, служащая для передвижения по аэродрому, для пробега при взлете и посадке, смягчения удара при приземлении, для управления на земле и торможения. После второй мировой войны шасси выполняется трехопорным, состоящим из носовой опоры, расположенной в носовой части фюзеляжа, и двух главных опор. После взлета самолета для уменьшения аэродинамического сопротивления шасси убирается в фюзеляж и крыло, У тяжелых самолетов шасси имеет тележку с несколькими (до 30) колесами. Каждая опора или нога шасси (рис.1) состоит из амортизационной стойки 3 с цилиндром, в котором ходит шток с поршнем амортизатора, подкосов 4 и 5 — стержней, являющихся дополнительной опорой стойки и гидроцилиндра—подъемника, имеющего цилиндр 1 и шток 2. Имеются также замки выпущенного положения (З.В.П) и убранного положения (З.У.П.).

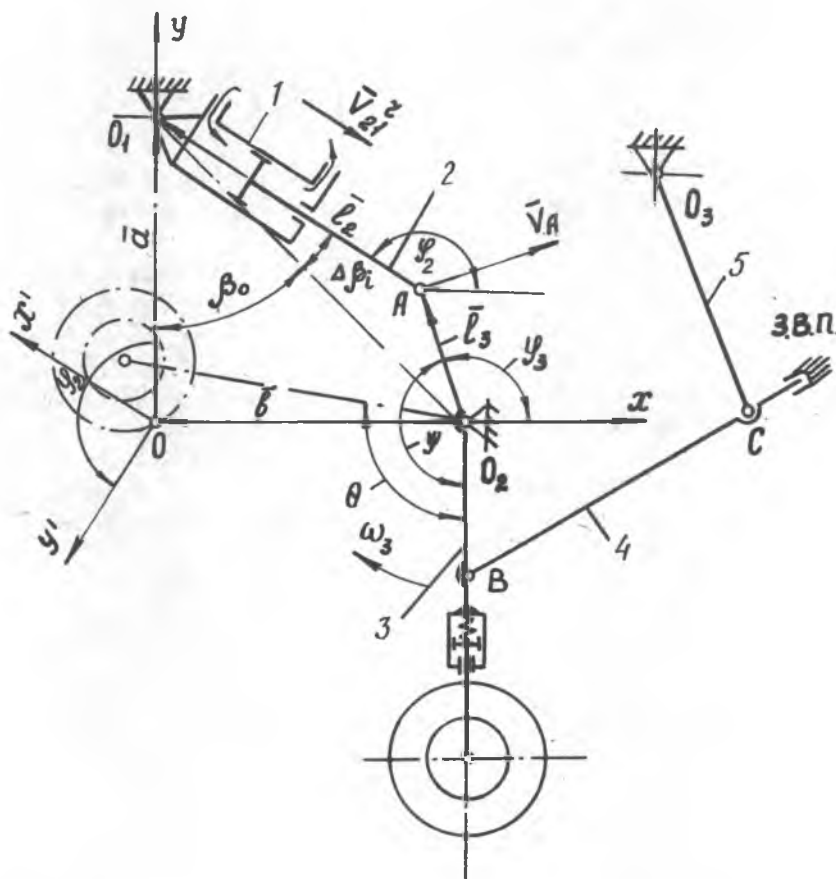
Гидронасос шестеренчатого типа постоянной производительности гонит жидкость в полость цилиндра 1, заставляя поршень со штоком 2 равномерно перемещаться относительно цилиндра с постоянной скоростью  $V_{21}^z$ , определяемой по формуле

$$V_{21}^z = \text{const} = \frac{H}{t_{y\delta}}, \quad (1)$$

где  $H$  — ход штока с поршнем;

$t_{y\delta}$  — время уборки шасси (от 5 до 10 с).

Исследование механизма шасси можно проводить как графическим, так и более точным, но громоздким аналитическим методом. Применение ЭВМ позволяет существенно сократить расчетное время, что делает последний метод наиболее перспективным.



Р и с. I. Схема шасси

### СИНТЕЗ МЕХАНИЗМА ШАССИ С УЧЕТОМ УГЛОВ ДАВЛЕНИЯ

#### Исходные данные и пояснения

В проекте заданы координаты шарниров  $O_1$ ,  $O_2$  и  $O_3$ , так как они определяются конструкцией самолета и местом расположе-



ниями усилия вдоль штока и скорости в точке  $A$  в крайних положениях (углы  $\alpha_0$  и  $\alpha_n$ ).

Аналитическое определение угла установки

Из треугольника  $O_1 O O_2$  (см. рис.2):

$$\operatorname{tg} \beta_0 = \frac{b}{a}; \quad (2)$$

$$l_{O_1 O_2} = \sqrt{a^2 + b^2}. \quad (3)$$

Из прямоугольного треугольника  $O_1 O_2 A_K$  (см. рис.2):

$$\cos \mu = \frac{O_2 A_K}{O_1 O_2} = \frac{c_3}{l_{O_1 O_2}}. \quad (4)$$

Тогда угол установки

$$\begin{aligned} \psi &= 90^\circ + (90^\circ - \beta_0) + \mu - 0,5\theta = \\ &= 180^\circ + \mu - (\beta_0 + 0,5\theta). \end{aligned} \quad (5)$$

Аналитическое определение хода поршня  $H$

Если из точки  $O_1$  сделать на линии  $O_1 A_n$  засечку радиусом  $O_1 A_0$ , то  $A_0 A_n$  и есть ход поршня:

$$H = l_{O_1 A_n} - l_{O_1 A_0}. \quad (6)$$

Из треугольника  $O_1 A_0 O_2$  по теореме косинусов

$$l_{20} = l_{O_1 A_0} = \sqrt{l_3^2 + l_{O_1 O_2}^2 - 2l_3 l_{O_1 O_2} \cos(\mu - 0,5\theta)}. \quad (7)$$

Из треугольника  $O_1 A_n O_2$

$$l_{2n} = l_{O_1 A_n} = \sqrt{l_3^2 + l_{O_1 O_2}^2 - 2l_3 l_{O_1 O_2} \cos(\mu + 0,5\theta)}. \quad (8)$$

Найденное по формуле (6) значение  $H$  надо разделить на  $n$  равных частей (в проекте  $n = 6$ ), получим приращение длины вектора

$\bar{l}_2$  (переменное расстояние между точками  $O_1$  и  $A$  штока с цилиндром при изменении времени на  $\Delta t = t \cdot \gamma_3 / \pi$  с). Тогда для любого  $i$ -го положения штока относительно цилиндра длина

$$l_{2i} = l_{20} + i \Delta t V_{21}^z = l_{20} + i \frac{H}{\pi}. \quad (9)$$

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.  
АНАЛОГИ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ

Ф у н к ц и я   п о л о ж е н и я   и   а н а л о г и

Функция положения для ноги шасси (см. рис. I)

$$\varphi_3 = \varphi(l_2). \quad (10)$$

Это зависимость угла  $\varphi_3$  поворота ноги 3 от положения штока в цилиндре  $l_2$ .

Угловые скорость и ускорение ноги определяются через аналоги угловой скорости и ускорения по формулам:

$$\omega_3 = \frac{d\varphi_3}{dt} = \frac{d\varphi_3}{dl_2} \frac{dl_2}{dt} = V_{21}^z (\omega_3) l_2; \quad (11)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{d\omega_3}{dt} = \frac{d\omega_3}{dl_2} \frac{dl_2}{dt} = (V_{21}^z)^2 (\varepsilon_3) l_2. \quad (12)$$

Аналогично для угловой скорости и ускорения звена 2:

$$\omega_2 = \frac{d\varphi_2}{dt} = V_{21}^z (\omega_2) l_2; \quad (13)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{d\omega_2}{dt} = (V_{21}^z)^2 (\varepsilon_2) l_2. \quad (14)$$

В этих формулах для любого  $j$ -го звена аналоги равны соответственно:

$$(\omega_j) l_2 = \frac{d\varphi_j}{dl_2}; \quad (\varepsilon_j) l_2 = \frac{d^2 \varphi_j}{dl_2^2}. \quad (15)$$

В ы в о д   ф о р м у л   д л я   а н а л о г о в

Исходя из замкнутости векторного четырехстороннего контура

$OO_1AO_2$  (см. рис. I),

$$\bar{l}_3 + \bar{l}_2 = \bar{b} + \bar{a}. \quad (I6)$$

В проекциях на оси координат  $X$  и  $Y$

$$\left. \begin{aligned} \Sigma X: l_3 \cos \varphi_3 + l_2 \cos \varphi_2 = b \cos 180^\circ = -b; \\ l_3 \sin \varphi_3 + l_2 \sin \varphi_2 = a. \end{aligned} \right\} \quad (I7)$$

Дифференцируя уравнение (I7) по  $l_2$ , получим

$$\left. \begin{aligned} -l_3 \frac{d\varphi_3}{dl_2} \sin \varphi_3 - l_2 \frac{d\varphi_2}{dl_2} \sin \varphi_2 + \cos \varphi_2 = 0; \\ l_3 \frac{d\varphi_3}{dl_2} \cos \varphi_3 + l_2 \frac{d\varphi_2}{dl_2} \cos \varphi_2 + \sin \varphi_2 = 0. \end{aligned} \right\} \quad (I8)$$

Так как все слагаемые имеют углы, то для упрощения выражения (I8) вычтем  $\varphi_2$ , что равносильно повороту осей координат на угол  $\varphi_2$  (система координат  $X'OY'$ ).

Тогда получим

$$\left. \begin{aligned} -l_3 \frac{d\varphi_3}{dl_2} \sin(\varphi_3 - \varphi_2) + 1 = 0; \\ l_3 \frac{d\varphi_3}{dl_2} \cos(\varphi_3 - \varphi_2) + l_2 \frac{d\varphi_2}{dl_2} = 0. \end{aligned} \right\} \quad (I9)$$

Отсюда аналоги угловых скоростей звеньев:

$$\frac{d\varphi_3}{dl_2} = (\omega_3) l_2 = \frac{1}{l_3 \sin(\varphi_3 - \varphi_2)}; \quad (20)$$

$$\frac{d\varphi_2}{dl_2} = (\omega_2) l_2 = - \frac{l_3 (\omega_3) l_2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2)}{l_2}. \quad (21)$$

Угловые скорости определяются из формул (II) и (I3).

Для определения аналогов угловых ускорений продифференцируем по  $l_2$  формулы (I8):

$$\left. \begin{aligned} -l_3 \left( \frac{d\varphi_3}{dl_2} \right)^2 \cos \varphi_3 - l_3 \frac{d^2\varphi_3}{dl_2^2} \sin \varphi_3 - l_2 \left( \frac{d\varphi_2}{dl_2} \right) \cos \varphi_2 - \\ - l_2 \frac{d^2\varphi_2}{dl_2^2} \sin \varphi_2 - \frac{d\varphi_2}{dl_2} \sin \varphi_2 - \frac{d\varphi_2}{dl_2} \sin \varphi_2 = 0; \end{aligned} \right\}$$



$$\left. \begin{aligned} -l_3 \left( \frac{d\varphi_3}{dt} \right)^2 \sin \varphi_3 + l_3 \frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} \cos \varphi_3 + \frac{d\varphi_2}{dt} \cos \varphi_2 - \\ - l_2 \left( \frac{d\varphi_2}{dt} \right)^2 \sin \varphi_2 + l_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} \cos \varphi_2 + \frac{d\varphi_2}{dt} \cos \varphi_2 = 0 \end{aligned} \right\} (22)$$

Вычитая  $\varphi_2$  и с учетом (15), получим

$$\left. \begin{aligned} -l_3(\omega_3)^2 l_2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2) - l_3(\varepsilon_3) l_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) - l_2(\omega_2)^2 l_2 = 0, \\ -l_3(\omega_3)^2 l_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) + l_3(\varepsilon_3) l_2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2) + 2(\omega_2) l_2 + l_2(\varepsilon_2) l_2 = 0 \end{aligned} \right\} (23)$$

Отсюда аналоги угловых ускорений имеют вид:

$$(\varepsilon_3) l_2 = - \frac{l_2(\omega_2)^2 + l_3(\omega_3)^2 l_2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2)}{l_3 \sin(\varphi_3 - \varphi_2)} ; \quad (24)$$

$$(\varepsilon_2) l_2 = \frac{l_3(\omega_3)^2 l_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) - l_3(\varepsilon_3) l_2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2) - 2(\omega_2) l_2}{l_2} . \quad (25)$$

Угловые ускорения рассчитываются из формул (12) и (14).

Определение углов  $\varphi_2$  и  $\varphi_1$

Угол  $\varphi_2$  определяется по формуле (см. рис.1)

$$\varphi_2 = 90^\circ + \beta_0 + \Delta\beta , \quad (26)$$

где  $\beta_0$  определяется по (2), а  $\Delta\beta$  - из треугольника  $O_1 O_2 A$  по теореме косинусов:

$$\cos \Delta\beta = \frac{l_2^2 + l_{O_1 O_2}^2 - l_3^2}{2 l_2 l_{O_1 O_2}} . \quad (27)$$

Угол  $\varphi_3$  рассчитывают из формулы (17):

$$\sin \varphi_3 = \frac{a - l_2 \sin \varphi_2}{l_3} . \quad (28)$$

## АЛГОРИТМ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходные данные:  $a, b, l_{a102}, l_2, t_{y0}, \beta_0, \theta$ .

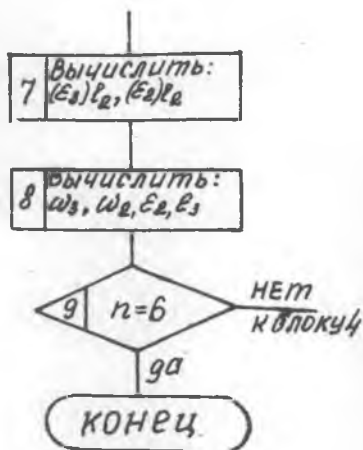
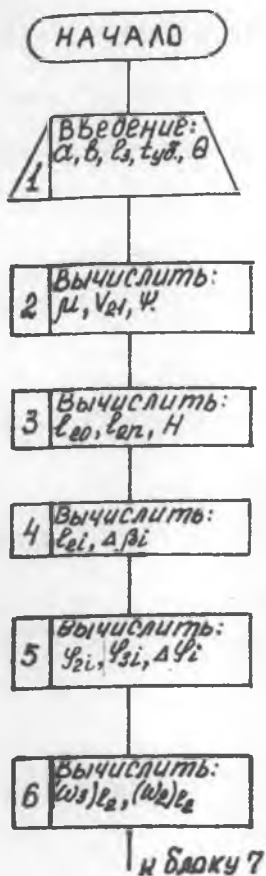
1. По формуле (4) определяем угол  $\mu$ .
2. По формуле (5) рассчитываем угол установки  $\psi$ .
3. По формулам (7) и (6) находим  $l_{20}$  и  $l_{2n}$ , по (6) — ход штока в цилиндре  $H$ .
4. По формуле (9) выбираем число делений  $n$  (в проекте  $n=6$ ) и находим длину вектора  $l_{2i}$  для любого  $i$ -го положения.
5. По формуле (26) находим  $\Delta\beta_i$ .
6. По формулам (26) и (28) определяем  $\varphi_{2i}$  и  $\varphi_{3i}$ .
7. Определяем разность углов:  $\Delta\varphi_i = \varphi_{3i} - \varphi_{2i}$ .
8. По формулам (20) и (21) находим аналоги угловых скоростей  $(\omega_2)_{e_2}$  и  $(\omega_3)_{e_3}$ .
9. По формулам (24) и (25) определяем аналоги угловых ускорений  $(\varepsilon_2)_{e_2}$  и  $(\varepsilon_3)_{e_3}$ .
10. По формуле (I) определяем скорость штока в цилиндре.
11. По формулам (II) — (I4) рассчитываем истинные угловые скорости и ускорения.
12. Сравниваем результаты с данными графических методов исследований.

На рис. 3 представлена блок-схема аналитического исследования механизма шасси. Программа расчета по данной блок-схеме для машины "Проминь-2" дана в приложении 1, в приложении 2 приведена программа на языке "Фортран".

### З а к л ю ч е н и е

Представленная в данной работе методика аналитического исследования рычажных механизмов с помощью ЭВМ позволяет проводить исследования с минимальной затратой времени и с элементами оптимизации. При этом определяется угол установки  $\psi$ , обеспечивающий наименьшие значения углов давления  $\alpha$  в крайних положениях шасси.

Результаты расчетов могут быть использованы и для определения оптимального значения времени уборки шасси. Уменьшение времени уборки шасси позволяет снизить расход горючего на взлете. Однако



Р и с. 3. Алгоритм и блок-схема аналитического исследования

при этом растут динамические перегрузки и усилия на шток и поршень. Поэтому для оптимизации выбора времени уборки шасси целесообразно, используя график зависимости аналога углового ускорения ноги, определяющего величину момента сил инерции от положения штока, найти положение с наименьшим значением  $(\epsilon_3)\epsilon_2$ . Затем для ряда значений  $t_{y\delta}$  и  $V_{21}^2$  построить график  $\epsilon_2 = \epsilon_2(t_{y\delta})$  и выбрать то значение времени уборки, которое не дает превышения  $\epsilon_3$  над допустимым.

## Л и т е р а т у р а

1. А р т о б о л е в с к и й И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975.
2. Б е л о к о н е в Н.М. Механика машин. Расчеты с применением ЭЦМ.-Киев: Вища школа, 1978.
3. М а л и е в Ю.И. Программирование для малых ЭВМ.-Куйбышев: КуАИ, 1973.

ПРОГРАММА ДЛЯ МАШИНЫ "ПРОМИНЬ"

Исходные данные располагаются в следующих ячейках

01	02	03	04	05	06	07
$l_{0,02}$	$l_3$	$\theta$	$t_{ys}$	$\beta_0$	$n$	$B$

Программа

№ команды	Символ операции	Адрес	Пояснение
1	2	3	4
00	Чт	02	Чтение $l_3$
01	Дел	01	$l_3 / l_{0,02}$
02	<i>accos</i>		<i>accos</i> $l_3 / l_{0,02}$
03	Зп	08	$M$ записать в яч.08
04	Чт	03	$\theta$
05	Дел	87	$1/2\theta$
06	Сл	05	$(\beta_0 + 0,5 \theta)$
07	Зп	09	
08	Чт	81	$\pi$
09	Сл	08	$\pi + M$
10	Выч I	09	$(\pi + M) - (\beta_0 + 0,5\theta)$
11	Умн	94	Перевод в градусы
12	Зп	10	Запись $\psi$ в яч.10
13	Ост	01	Печать $\psi$
14	Чт	02	$l_3$
15	Умн	02	$(l_3)^2$
16	Зп	11	
17	Чт	01	$l_{0,02}$
18	Умн	01	$(l_{0,02})^2$

I	2	3	4
19	Зп	12	
20	Чт	11	$(l_3)^2 + (l_{0,0_2})^2$
21	Сл	12	
22	Зп	13	
23	Чт	03	$\theta$
24	Дел	87	$\theta/2$
25	Выч 2	08	$M - \theta/2$
26	COS		$\cos(M - \theta/2)$
27	Умн	01	
28	Умн	02	
29	Умн	87	
30	Выч 2	13	$l_{20} = \sqrt{l_3^2 + l_{0,0_2}^2 - 2l_3 l_{0,0_2} \cos(M - 0,5\theta)}$
31	√		
32	Зп	14	Запись в яч. 14 - $l_{20}$
33	Чт	03	$\theta$
34	Дел	87	$0,5\theta$
35	Сл	08	$M + 0,5\theta$
36	COS		$\cos(M + 0,5\theta)$
37	Умн	01	
38	Умн	02	
39	Умн	87	
40	Выч 2	13	
41	√		
42	Зп	15	$l_{21} = \sqrt{l_3^2 + l_{0,0_2}^2 - 2l_3 l_{0,0_2} \cos(M + 0,5\theta)}$ Запись в яч. 15 - $l_{21}$
43	Чт	15	$l_{21}$
44	Выч 1	14	$l_{21} - l_{20} = H$
45	Зп	16	Запись в яч. 16 - $H$
46	Ост	01	Печать $H$
47	Чт	16	$H$
48	Дел	04	$H / \sin \theta = \sqrt{l_{21}^2}$
49	Зп	34	Запись в яч. 34 - $\sqrt{l_{21}^2}$
50	Чт	00	
51	Зп	20	
52	Чт	20	$i$
53	Умн	16	$iH/n$

Продолжение программы

I	2	3	4
54	Дел	06	
55	Сл	14	
56	Зп	17	$l_{2i} = l_{20} + i \frac{H}{n}$
57	Ост	01	Печать $l_{2i}$
58	Чт	17	$l_{2i}$
59	Умн	17	$(l_{2i})^2$
60	Сл	12	$(l_{2i})^2 + (l_{0,02})^2$
61	Выч I	11	
62	Дел	87	$(l_{2i})^2 + (l_{0,02})^2 - l_3$
63	Дел	17	
64	Дел	01	
65	$\arccos$		$\Delta\beta_i = \arccos \frac{l_{2i}^2 + l_{0,02}^2 - l_3}{2 l_{2i} l_{0,02}}$
66	Зп	18	$\Delta\beta_i$ в яч. 18
67	Чт	81	'
68	Дел	87	$\pi/2 + \beta_0 + \Delta\beta = \varphi_{2i}$
69	Сл	05	
70	Сл	18	
71	Зп	19	Запись в яч. 19 - $\varphi_{2i}$
72	Чт	19	
73	Умн	94	Перевод в градусы
74	Ост	01	Печать $\varphi_{2i}$
75	Чт	19	$\varphi_{2i}$
76	$\cos$		$\cos\varphi_{2i}$
77	Умн	17	$l_2 \cos\varphi_{2i}$
78	Выч 2	07	$\beta - l_2 \cos\varphi_{2i}$
79	Дел	02	
80	$\arccos$		$\varphi_{3i} = \arccos \frac{\beta - l_2 \sin\varphi_{2i}}{l_3}$
81	Зп	21	Запись в яч. 21 - $\varphi_{3i}$
82	Чт	21	Перевод в градусы
83	Умн	94	
84	Ост	01	Печать $\varphi_{3i}$
85	Чт	21	$\varphi_{3i}$
86	Выч I	19	$\varphi_{3i} - \varphi_{2i} = \Delta\varphi_i$
87	Зп	22	Запись в яч. 22 - $\Delta\varphi_i$
88	Чт	22	$\Delta\varphi_i$

Продолжение программы

1	2	3	4
89	sin		$\sin \Delta\varphi_i$
90	Зп	25	Запись в яч. 25 - $\sin \Delta\varphi_i$
91	УМН	02	$\ell_3 \sin \Delta\varphi_i$
92	Зп	23	Запись в яч. 23 - $\ell_3 \sin \Delta\varphi_i$
93	Чт	86	
94	Дел	23	$1/\ell_3 \sin \Delta\varphi_i$
95	Зп	23	Запись в яч. 23 - $(\omega_2)\ell_2$
96	Ост	01	Печать $(\omega_2)\ell_2$
97	Чт	22	$\Delta\varphi_i$
98	cos		$\cos \Delta\varphi_i$
99	Зп	26	Запись в яч. 26 - $\cos \Delta\varphi_i$
100	УМН	23	
101	УМН	02	$(\omega_2)\ell_2 = \frac{\ell_3(\omega_3)\ell_2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2)}{\ell_2}$
102	Дел	17	
103	Зп	24	Значение $(\omega_2)\ell_2$ - брать с обратным знаком
104	Ост	01	Печать $(\omega_2)\ell_2$
105	Чт	23	$(\omega_3)\ell_2$
106	УМН	23	$((\omega_3)\ell_2)^2$
107	УМН	02	
108	УМН	26	$((\omega_3)\ell_2)^2 \ell_3 (\cos \Delta\varphi_i)$
109	Зп	27	
110	Чт	24	$-((\omega_2)\ell_2)^2 + ((\omega_3)\ell_2)^2 \ell_3 \cos(\Delta\varphi_i)$
111	УМН	24	
112	Выч 2	27	
113	Зп	28	
114	Чт	25	$\sin(\Delta\varphi_i)\ell_3$
115	УМН	02	
116	Зп	29	
117	Чт	28	$(\ell_3)\ell_2 + \frac{((\omega_2)\ell_2)^2 \ell_3 \cos(\Delta\varphi_i) - ((\omega_3)\ell_2)^2}{\sin(\Delta\varphi_i)\ell_3}$
118	Дел	29	
119	Зп	30	
120	Ост	01	Печать $(\ell_3)\ell_2$
121	Чт	30	$(\ell_3)\ell_2$
122	УМН	02	$\ell_3/(\ell_3)\ell_2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2)$



Продолжение программы

I	2	3	4
I23	УМН	26	
I24	Зп	31	
I25	Чт	24	$(\omega_2)/\epsilon_2$
I26	УМН	87	$2(\omega_2)/\epsilon_2$
I27	Сл	31	
I28	Зп	32	$2(\omega_2)/\epsilon_2 + \epsilon_3(\epsilon_3)/\epsilon_2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2)$
I29	Чт	23	$((\omega_3)/\epsilon_2)^2$
I30	УМН	23	
I31	УМН	02	$(\epsilon_3(\omega_3)/\epsilon_2)^2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) - \epsilon_3(\epsilon_3)/\epsilon_2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2) +$
I32	УМН	25	$+ 2(\omega_3)/\epsilon_2)^{\epsilon_2}$
I33	Выч I	32	
I34	Дел	17	
I35	Зп	33	Запись в яч. 33 - $(\epsilon_2)/\epsilon_2$
I36	Ост	01	Печать $(\epsilon_2)/\epsilon_2$
I37	Чт	34	
I38	УМН	23	$\omega_3 = \sqrt{z_1} (\omega_3)/\epsilon_2$
I39	Ост	01	Печать $\omega_3$
I40'	Чт	34	
I41	УМН	24	$\omega_2 = \sqrt{z_1} (\omega_2)/\epsilon_2$
I42	Ост	01	Печать $\omega_2$
I43	Чт	34	$(\sqrt{z_1})^2$
I44	УМН	34	
I45	Зп	36	Запись в яч.36 - $(\sqrt{z_1})^2$
I46	УМН	30	$(\sqrt{z_1})^2 (\epsilon_3)/\epsilon_2 = \epsilon_3$
I47	Ост	01	Печать $\epsilon_3$
I48	Чт	36	
I49	УМН	33	$(\sqrt{z_1})^2 (\epsilon_2)/\epsilon_2 = \epsilon_2$
I50	Ост	01	Печать $\epsilon_2$
I51	Чт	20	$i$
I52	Сл	86	$i+1$
I53	Зп	20	Запись ( $i+1$ ) в яч.20
I54	Выч I	06	Проверка окончания счета
I55	УП 1	52	
I56	УП 2	52	
I57	Ост		

## ФОРТРАН - ПРОГРАММА

Позиции

5 | 6 | 7

72 | 73

```

PROGRAM SHASE
REAL A, B, Q, T, M
DIMENSION AW3(7), AW2(7), AE2(7), AE3(7),
* W3(7), W2(7), E3(7), E2(7)
READ( , 1) A, B, L3, Q, T
1 FORMAT(5(F7.2))
N = 0
L12 = SQRT(A**2 + B**2)
AM = L3/L12
M = ARCCOS(AM)
C = B/A
Bφ = ARCTG(C)
F = 3.14 + M - (Bφ + Q/2)
AR = M - Q/2
L2φ = SQRT(L3**2 + L12**2 - 2*L3*L12*cos(AR))
AR1 = M * Q/2
L2N = SQRT(L3**2 + L12**2 - 2*L3*L12*cos(AR1))
H = L2N - L2φ
V21 = H/T
DO 1φ J = 1, 7
L2(J) = L2φ + N * H/6
B(J) = (L2(J)**2 + L12**2 - L3**2) / (2*L2(J)*L12)
DET B(J) = ARCCOS(B(J))

```

$$F2(J) = 3.14 / 2 + B\phi + DETB(J)$$

$$AK = (A - L2(J) * SIN(F2(J))) / L3$$

$$F3(J) = ARCSIN(AK)$$

$$DF(J) = F3(J) - F2(J)$$

$$AW3(J) = 1 / L3 * SIN(DF(J))$$

$$AW2(J) = - (L3 * AW3(J) * COS(DF(J))) / L2(J)$$

$$AE3(J) = - ((L2(J) * AW2(J) ** 2 * L3 * AW3(J) ** 2 * \cos(DF(J))) / (L3 * SIN(DF(J))))$$

$$AE2(J) = (L3 * AW3(J) ** 2 * SIN(DF(J)) - L3 * AW2(J) * COS(DF(J)) - 2 * AW2(J)) / L2(J)$$

$$W3(J) = \sqrt{2} * AW3(J)$$

$$E3(J) = \sqrt{2} * AE3(J)$$

$$W2(J) = \sqrt{2} * AW2(J)$$

$$E2(J) = \sqrt{2} * AE2(J)$$

$$N = N + 1$$

WRITE ( , 2)

FORMAT ( // 4ФХ, 'РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА' //)

WRITE ( , 3) (F, L2(J), F3(J), W3(J), W2(J),

E3(J), E2(J), J=1, 7)

FORMAT ( 4X, F7.2, 6(F7.3))

STOP

END

Составители: Владимир Модестович Истребов,  
Людмила Александровна Подлюшкова

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА  
ШАССИ САМОЛЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

Методические указания к курсовому проектированию

Редактор Э. Г р я з н о в а  
Техн. редактор Н. М. К а л е н ю к  
Корректор Н. К у п р и я н о в а

Подписано к печати 5. II. 82. Формат 60x84 I/16  
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.  
Усл. п. л. I, 16. Уч.-изд. л. I, 0. Тираж 200 экз.  
Заказ № 5354 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный  
институт им. С. П. Королева, г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151  
Областная типография им. В. П. Мяги, г. Куйбышев, ул. Венцека, 60