

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРУЖИННОГО ДВИГАТЕЛЯ, ПОЛУЧАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ЕГО ГЕОМЕТРИИ

В. И. КАЛЯГИНА, Ю. Я. КОВЫЛИН

(Представлена научно-методическим семинаром кафедры прикладной механики)

Объектом исследования были двигатели часов «Балтика», «Полет», «Слава» с заводными спиральными пружинами, изготовленными из сплава К40ТЮ на Ленинградском сталепрокатном заводе. Все параметры двигателей, кроме длины пружин, соответствовали отраслевой нормали ОН6—183—67 НИИЧАСПРОМа. Длины пружин приведены в табл. 1

В работе использованы обозначения:

$h, b$  — толщина и ширина пружинной ленты;

$r, R$  — теоретические радиусы валика и барабана, определяемые через конструктивные размеры  $r_0$  и  $R_0$  (рис. 1) по формулам:

$$r = r_0 + 1,5h; R = R_0 - 0,5h.$$

Длина рабочего участка спиральной пружины принята равной

$$L = L_0 - L_B - L_H,$$

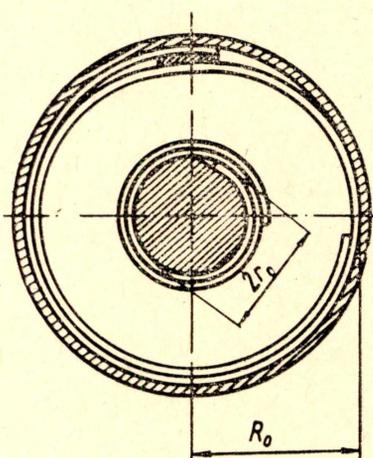


Рис. 1

Таблица 1

	Барабан часов «Балтика»	Барабан часов «Полет»	Барабан часов «Слава»
Длина пружин, м.м.	500	620	280
	400	500	240
	335	415	210
	285	335	180
	245	315	150

где

$L_0$  — конструктивная длина пружины,  
 $L_B, L_H$  — длина внутреннего и наружного неработающих участков, используемых для закрепления концов пружины к валику и барабану.

В эксперименте длина  $L_B$  принята равной длине внутреннего витка пружины, плотно прилегающего к валу как в заведенном, так и в спущенном состояниях (рис. 1), т. е.  $L_B \approx 2\pi (r_0 + 0,5 h)$ . Участок  $L_H$  принят равным длине нормальной мечевидной накладки.

Ряд параметров пружинного двигателя можно было получить и теоретически, и из эксперимента. К ним относятся (рис. 2):

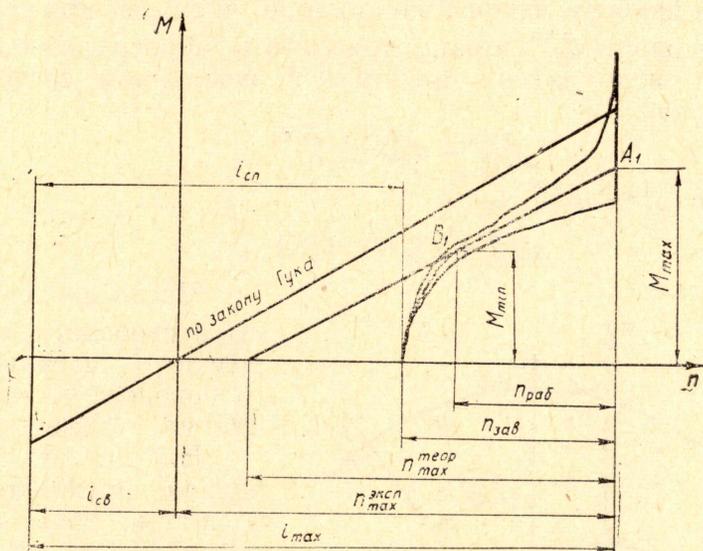


Рис. 2

$n_{зав}$  — число оборотов заводного валика [1, 2], необходимое для перевода пружины из спущенного состояния в заведенное;

$i_{max}$  — число витков пружины в заведенном состоянии;

$i_{сп}$  — число витков спущенной пружины;

$n_{max}^{теор}$  — число оборотов валика при заводе пружины от свободного состояния до тугозаведенного.

Так, с одной стороны, имеем

$$n_{зав}^{теор} = i_{max}^{теор} - i_{сп}^{теор}, \quad (1)$$

где [1,2]

$$i_{max}^{теор} = -\frac{r}{h} + \sqrt{\left(\frac{r}{h}\right)^2 + \frac{L}{\pi h}}, \quad (2)$$

$$i_{max}^{теор} = \frac{R}{h} - \sqrt{\left(\frac{R}{h}\right)^2 - \frac{L}{\pi h}}, \quad (3)$$

а [2]

$$n_{max}^{теор} = \frac{m}{m-1} \cdot n_{раб}. \quad (4)$$

Здесь  $n_{раб}$  — число оборотов валика при спуске пружины в пределах рабочего (прямолинейного) участка ее характеристики;

$$m = \frac{M_{max}}{M_{min}},$$

$M_{max}$  и  $M_{min}$  — максимальный (при  $n = n_{max}$ ) и минимальный (при  $n = n_{max} - n_{раб}$ ) моменты идеальной характеристики пружины.

Формулы (1), (2), (3) получаются из известных простых геометрических соотношений в пружинном двигателе. Формула (4) получается, если следовать гипотезе Л. Е. Андреевой [2] о том, что прямолинейный участок диаграммы спуска уклоняется от идеальной характеристики пропорционально числу оборотов (линия  $A_1 B_1$  на рис. 2 проходит примерно в середине петли).

С другой стороны, числа  $n_{зав}^{эксп}$ ,  $n_{раб}^{эксп}$  можно снять с диаграмм, записанных на приборе марки Теснпогарфе; число витков пружины в спущенном состоянии  $i_{сп}^{эксп}$  можно подсчитать непосредственно; экспериментальное число витков пружины в заведенном состоянии можно определить как

$$i_{\max}^{эксп} = n_{зав}^{эксп} + i_{сп}^{эксп}, \quad (5)$$

а число оборотов  $n_{\max}^{эксп}$  как

$$n_{\max}^{эксп} = i_{\max}^{эксп} - i_{св}^{эксп}. \quad (6)$$

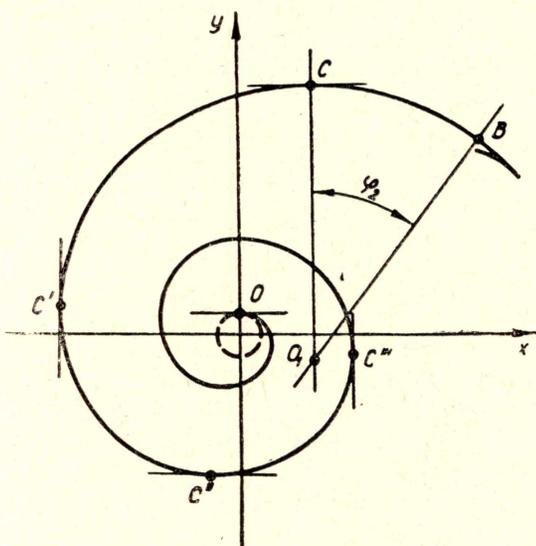


Рис. 3

Число витков  $i_{св}^{эксп}$  пружины в свободном состоянии определено через угол взаимного поворота ее концевых сечений на рабочем участке [2].

На рис. 3 показана свободная пружина с накладкой в системе прямоугольных координат. Ось ординат проведена параллельно сечению пружины в точке  $O$ . Рабочая длина пружины соответствует участку от точки  $O$  до точки  $B$ . На внешнем конце пружины находили точку  $C$  (в общем случае одну из точек  $C, C', C'', C'''$ ), в которой угол  $\varphi_1 = K \cdot \frac{\pi}{2}$ ;  $K$  — целое число. С по-

мощью сетки полярных координат определяли центральный угол  $\varphi_2$  дуги  $CB$ . Окончательно

$$i_{св}^{эксп} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2\pi}.$$

В табл. 2 приведены теоретические и экспериментальные значения обсуждаемых параметров. Сравнение результатов показывает на удовлетворительное совпадение величин  $n_{зав}^{теор}$  и  $n_{зав}^{эксп}$ ,  $i_{\max}^{теор}$  и  $i_{\max}^{эксп}$ ,  $i_{сп}^{теор}$  и  $i_{сп}^{эксп}$ . Максимальное расхождение не превышает 5%. Это дает основание при практических расчетах двигателей пользоваться формулами (1), (2), (3).

Если при расчете по формуле (4) воспользуемся экспериментальными значениями  $m$  и  $n_{раб}$  (табл. 2), то найдем значения  $n_{\max}^{теор}$ , которые существенно отличаются от величин  $n_{\max}^{эксп}$ , определяемых в соответствии с (6). (При подсчете коэффициента  $m$  величины моментов  $M_{\max}$ ,  $M_{\min}$  определялись по диаграммам, записанным на приборе марки Теснпогарфе, а масштабы по оси моментов устанавливались с помощью прибора Сагу).

Тем не менее указанное различие между величинами  $n_{\max}^{теор}$  и  $n_{\max}^{эксп}$  в большинстве известных нам работ [1, 2 и др.] не отмечается

и во внимание не принимается. И только в работе Ф. В. Дроздова [3, стр. 44] на рис. 24 указанное различие находит отражение. Однако в расчетах отмеченный факт не учитывается и в этой работе. Это может привести к значительному отклонению фактических параметров

Таблица 2

Сравнение теоретических и экспериментальных значений параметров для двигателя часов «Балтика». Данные усреднены по пяти пружинам

№ п.п.		1	2	3	4	5
1	$L, \text{ мм}$	485	385	341	262	216
2	$n_{\text{зав}}^{\text{теор}}$ (1)	5,00	6,26	6,57	6,42	6,07
3	$n_{\text{зав}}^{\text{эксп}}$	5,28	6,32	6,42	6,27	5,79
4	$\frac{n_{\text{зав}}^{\text{теор}} - n_{\text{зав}}^{\text{эксп}}}{n_{\text{зав}}^{\text{эксп}}}$	0,053	0,01	0,023	0,024	0,48
5	$i_{\text{мах}}^{\text{теор}}$ (2)	24,07	20,39	17,58	15,41	13,32
6	$i_{\text{мах}}^{\text{эксп}}$ (5)	24,77	20,67	18,0	15,77	13,38
7	$\frac{i_{\text{мах}}^{\text{теор}} - i_{\text{мах}}^{\text{эксп}}}{i_{\text{мах}}^{\text{эксп}}}$	-0,028	-0,011	-0,023	-0,023	-0,004
8	$i_{\text{сп}}^{\text{теор}}$ (3)	19,07	14,13	11,01	8,99	7,25
9	$i_{\text{сп}}^{\text{эксп}}$	19,49	14,35	11,58	9,50	7,59
10	$\frac{i_{\text{сп}}^{\text{теор}} - i_{\text{сп}}^{\text{эксп}}}{i_{\text{сп}}^{\text{эксп}}}$	-0,021	-0,015	-0,049	-0,053	-0,045
11	$n_{\text{мах}}^{\text{теор}}$ (4)	15,80	13,70	11,75	10,0	8,30
12	$n_{\text{мах}}^{\text{эксп}}$ (6)	19,42	15,98	13,21	11,31	9,35
13	$\frac{n_{\text{мах}}^{\text{теор}} - n_{\text{мах}}^{\text{эксп}}}{n_{\text{мах}}^{\text{эксп}}}$	0,187	-0,143	-0,111	-0,116	-0,112
14	$m$	1,35	1,51	1,68	1,87	2,19
15	$n_{\text{раб}}^{\text{эксп}}$	4,11	4,67	4,74	4,65	4,50
16	$i_{\text{св}}^{\text{эксп}}$	4,59	4,47	4,44	4,44	4,13

двигателя от расчетных. Разницу, по-видимому, можно объяснить приближенным характером гипотезы о пропорциональном уклонении кривой спуска.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Т. А. Гевондян. Пружинные двигатели. М., Оборонгиз, 1956.
2. Л. Е. Андреева. Упругие элементы приборов. М., Машгиз, 1962.
3. Ф. В. Дроздов. Детали приборов. М., Оборонгиз, 1948.