

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

$$L = L_0 - L_{\text{в}} - L_{\text{н}},$$

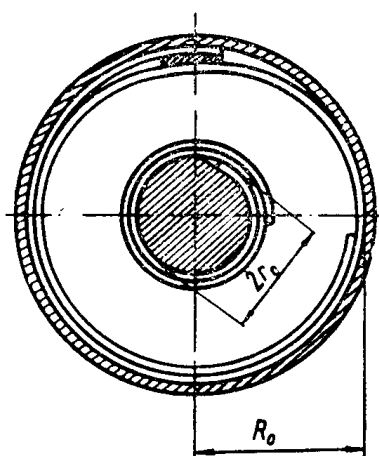


Рис. 1

Таблица 1

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

где

L_0 — конструктивная длина пружины,
 $L_{\text{в}}, L_{\text{н}}$ — 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 валику 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):

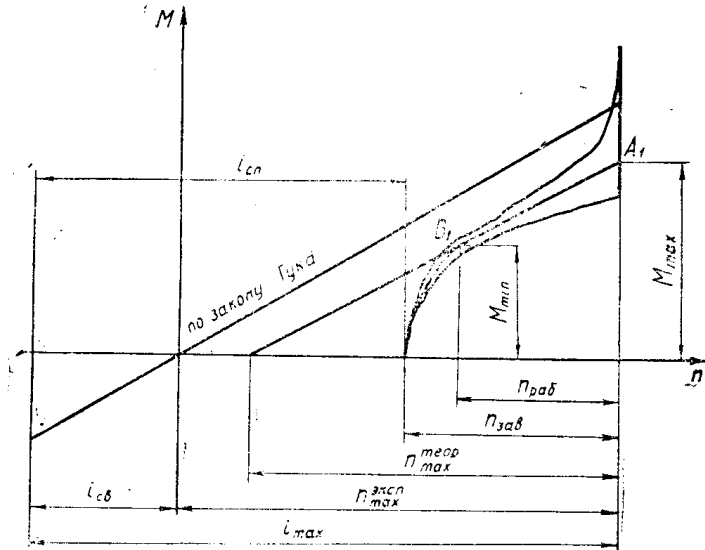


Рис. 2

$n_{зав}$ — 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 Technoparhe; 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

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

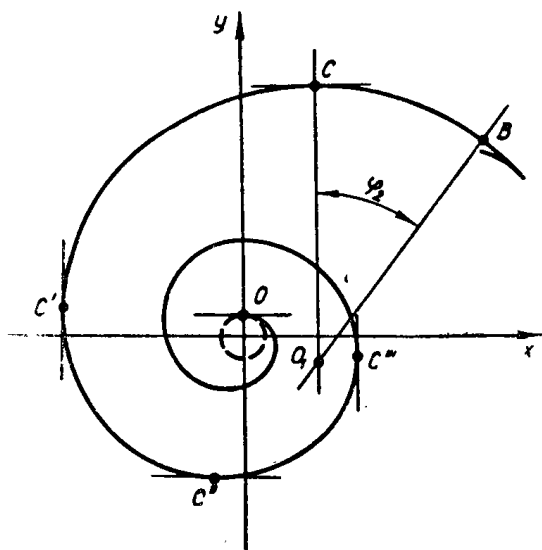


Рис. 3

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 φ_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 Technoparhe, 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	311	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 отклонении 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.