

ЕДИНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ОДНОВИТКОВЫХ МАНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРУЖИН

М. П. ШУМСКИЙ, О. С. ЗИНКЕВИЧ, Ю. П. МИНЧЕНКОВ

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры электрооборудования)

Число различных форм сечения манометрических пружин Бурдона, применяемых в приборах или описанных в специальной литературе, довольно велико. Для большинства этих форм методика инженерного расчета на прочность и чувствительность не разработана. Ограничиваясь рассмотрением пружин с постоянной толщиной стенки, можно выделить пружины с плоскоовальной, овальной и восьмеркообразной формой в сечении. Эти три типа пружин представляют наибольший практический интерес по следующим причинам: 1) технология изготовления их достаточно проста и освоена промышленностью; 2) большинство выпускаемых пружин относится к одному из перечисленных типов; 3) изменением параметров, определяющих форму сечения, может быть получено огромное число вариантов конструкции.

Три перечисленных типа пружин допускают единое аналитическое описание и, следовательно, для них может быть разработана единая

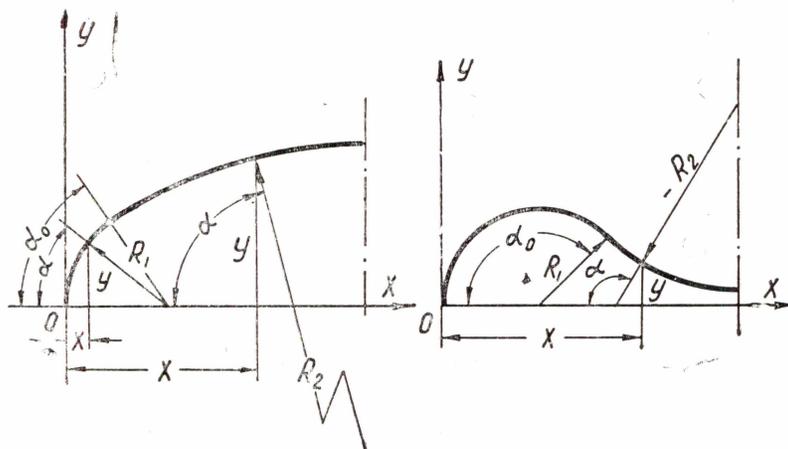


Рис. 1

методика расчета. Действительно, основные геометрические зависимости одинаковы для овального и восьмеркообразного (рис. 1) сечения. Приняв за независимые параметры, определяющие форму сечения, отношения осей $\frac{B}{A} = b$ и отношение радиуса закругления на концах

большой оси сечения к этой оси $\frac{R_1}{A} = r_1$, найдем

$$r_2 = \frac{R_2}{A} = \frac{1 - 2r_1 + b}{2(b - r_1)}, \quad \alpha_0 = \frac{\pi}{2} - 2 \operatorname{arctg} \frac{b - r_1}{1 - r_1}. \quad (1)$$

Изменяя параметры b и r_1 и вычисляя по формулам (1) r_2 и α_0 , можно получить любой овальный, плоскоовальный и восьмеркообразный профиль.

Декартовы координаты точки контура на участке с радиусом R_1 выражаются формулами:

$$X = R_1 (1 - \cos \alpha), \quad Y = R_1 \sin \alpha, \quad (2)$$

на участке с радиусом R_2 — формулами:

$$X = A - R_2 \cos \alpha, \quad Y = R_2 \sin \alpha - (R_2 - B). \quad (3)$$

В работе [1] предложена теория, пригодная для расчета пружин с произвольной формой сечения. Применение этой теории к пружинам, форма сечения которых задана уравнениями (2), (3), приводит к следующим расчетным формулам:

1. Относительный угол разгиба пружины:

$$\frac{\Delta \gamma}{\gamma} = \frac{pA^3}{D} \frac{C_1}{1 + \frac{C}{\nu}}, \quad (4)$$

где

$$D = \frac{EH^3}{12(1 - \mu^2)}, \quad \nu = \frac{R_0^2 H^2}{12A^4(1 - \mu^2)}.$$

2. Максимальное эквивалентное напряжение на концах большой оси сечения по энергетической теории прочности

$$\delta_{\text{экр}} = 0,89 \frac{pKA^2}{H^2} C_2 \frac{\nu + C_3}{\nu + C}. \quad (5)$$

3. Тяговый момент

$$M = pR_0 A^2 \frac{C_4}{\nu + C_5}. \quad (6)$$

4. Изменение объема полости пружины

$$\Delta V = \frac{pR_0 A^3 \gamma}{D} \frac{C_6}{1 + \frac{C}{\nu}}. \quad (7)$$

В этих формулах: p — измеряемое давление (кг/см^2), A — большая полуось сечения (см), R_0 — радиус центральной оси пружины (см), H — толщина стенки (см), μ , E — коэффициент Пуассона и модуль Юнга, C_i — коэффициенты, зависящие от формы сечения.

Коэффициент K в формуле (5) учитывает концентрацию напряжений на закругленном участке пружины. Таблица значений этого коэффициента приведена в работе [2].

Формулы для вычисления коэффициента C_i по заданным параметрами b и r_1 громоздки и не могут быть приведены из-за недостатка места. Возможны два пути использования этих формул. В тех случаях, когда число исследуемых вариантов велико, целесообразно выполнять расчеты на ЭЦВМ. Это позволяет сократить затраты времени, избежать ошибок и потери точности. При расчете небольшого числа вариантов следует пользоваться номограммами (рис. 2-3), позволяющими определить коэффициенты C_i , входящие в расчетные формулы (4) — (7) по

заданным значениям параметров b и r_1 . Номограммы получены в результате обработки формул для вычисления коэффициентов C_i на ЭЦВМ.

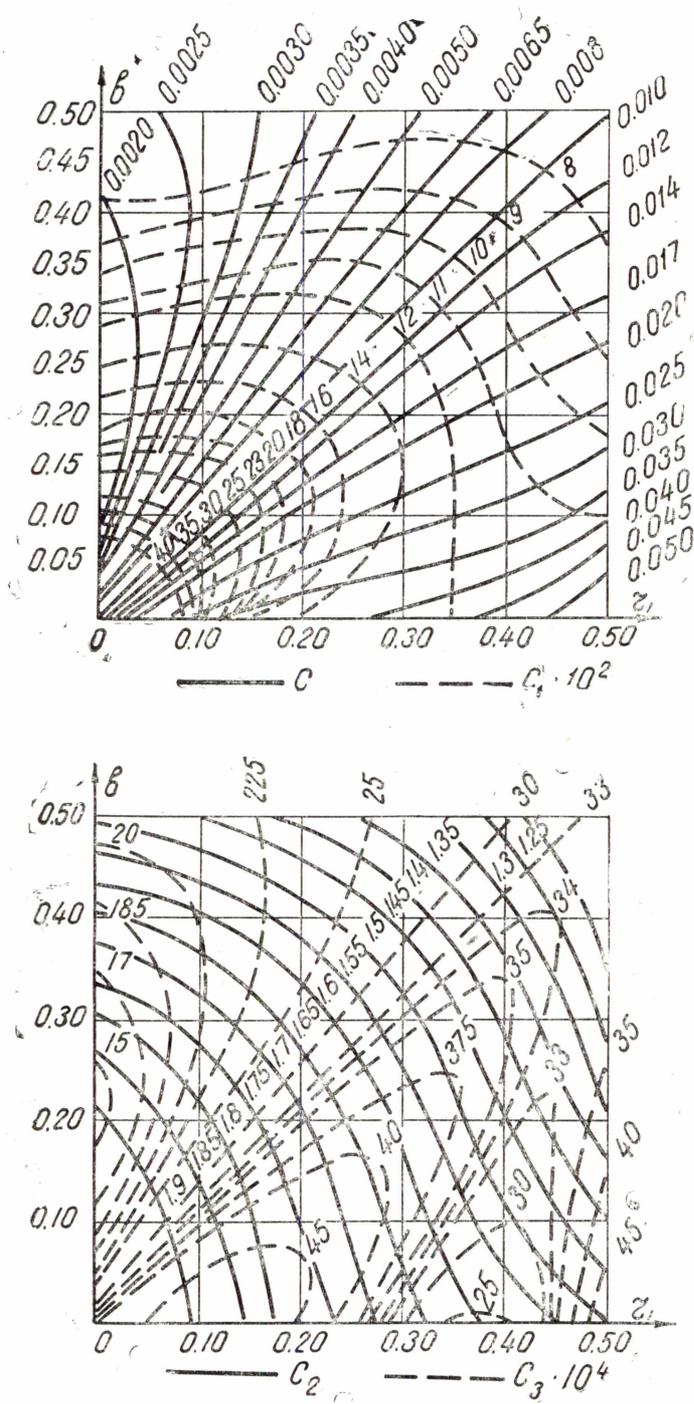


Рис. 2

Теоретический анализ погрешности решения [1], на основе которого получены рекомендуемые в работе инженерные формулы, показывает, что по отношению к известному энергетическому решению В. И. Феодосьева [3], его можно рассматривать как второе приближение. Напряжения и перемещения определяются с одинаковой точно-

стью. Сравнение экспериментальных и расчетных значений относительного угла разгиба пружины (измерение этой величины не связано

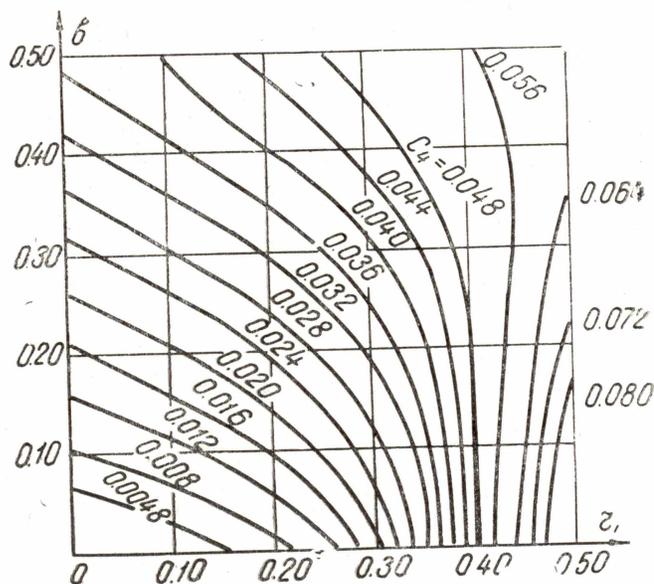
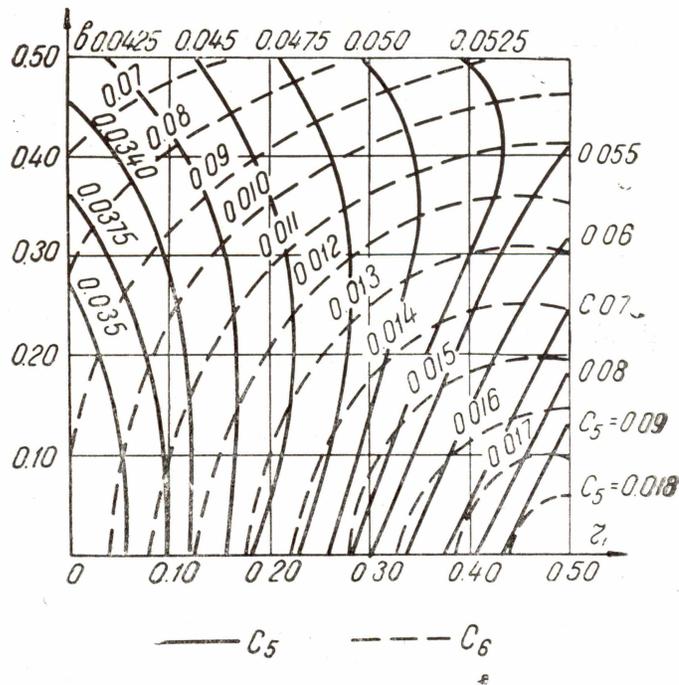


Рис. 3

с серьезными затруднениями) показывает, что расхождения не превышают погрешности эксперимента, которая, по данным В. И. Феодосьева [4], для манометрических пружин составляет 20—25 процентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. П. Шумский. Расчет манометрических пружин. Изв. вузов СССР — Приборостроение, т. VII, № 6, 1964.
2. Л. Е. Андреева. Упругие элементы приборов. Машгиз, 1960.
3. В. И. Феодосьев. Упругие элементы точного приборостроения. Оборонгиз, 1949.
4. В. И. Феодосьев. Расчет тонкостенных трубок Бурдона эллиптического сечения энергетическим методом. Оборонгиз, 1940.