

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОЙ ДЛИНЕ ПРУЖИНЫ БУРДОНА

В. И. КОПЫТОВ, М. П. ШУМСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедр гигроскопических приборов и устройств)

Цель настоящей работы—показать, что возможно значительное укорочение манометрической трубки (пружины Бурдона) при сохранении ее чувствительности (перемещения конца пружины).

В настоящее время в манометрах широко применяются пружины Бурдона с центральным углом γ° (рис. 1), близким к 270° . Этот выбор обусловлен тем, что дальнейшее увеличение центрального угла

не дает заметной прибавки чувствительности, а уменьшение центрального угла, например, до 180° , то есть на 33 %, уменьшает перемещение конца пружины на 35 %.

Зависимость между центральным углом пружины и перемещением конца δ может быть получена следующим образом.

Известно, что повышение давления в пружине Бурдона ведет к увеличению радиуса кривизны оси пружины (рис. 1). Считая, что длина оси при этом сохраняется, получим уравнение траектории конца пружины B $r_0\gamma_0 = r \cdot \gamma$.

После перехода к декартовым координатам уравнение траектории будет:

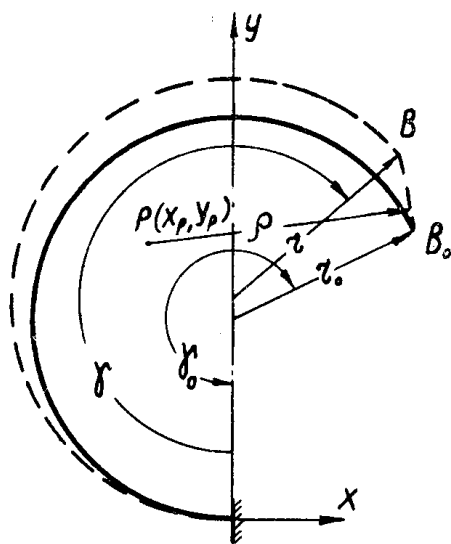


Рис. 1.

$$x = -r_0 \frac{\gamma_0}{\gamma} \sin \gamma,$$

$$y = r_0 \frac{\gamma_0}{\gamma} (1 - \cos \gamma).$$

Малое перемещение конца пружины по траектории можно рассматривать, как поворот вокруг мгновенного центра вращения $P(x_p, y_p)$ [1]. Для отыскания координат мгновенного центра вращения можно воспользоваться формулами (2)

$$x_p = -r_0 \frac{1 - \cos \gamma_0}{\gamma_0}, \quad y_p = r_0 \left(1 - \frac{\sin \gamma_0}{\gamma_0} \right). \quad (2)$$

При увеличении радиуса пружины r_0 на Δr конец пружины повернется на угол

$$\alpha = \gamma_0 - \gamma = \gamma_0 \frac{\Delta r}{r}. \quad (3)$$

Перемещение конца пружины δ равно произведению угла поворота на расстояние ρ от мгновенного центра до конца пружины:

$$\delta = \alpha \cdot \rho = \gamma_0 \cdot \frac{\Delta r}{r} \sqrt{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2}. \quad (4)$$

Кривая 1 (рис. 2) показывает, как изменяется перемещение кон-

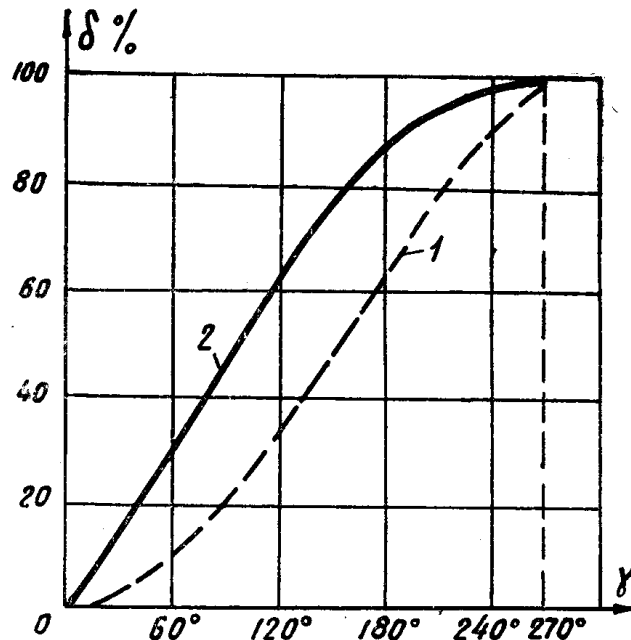


Рис. 2.

ца пружины δ при изменении центрального угла γ_0 в пределах от 0 до 270° .

Определим теперь перемещение конца пружины с центральным углом 270° , участок которой от конца, с центральным углом $270^\circ - \gamma$, выполнен жестким (рис. 3).

Перемещение конца пружины будет равно произведению угла поворота сечения C на расстояние от его мгновенного центра вращения до конца пружины:

$$\delta_1 = \alpha \cdot \rho_A = \gamma_0 \frac{\Delta r}{r} \sqrt{(x_A - x_p)^2 + (y_A - y_p)^2}. \quad (5)$$

Зависимость перемещения конца этой пружины от величины центрального угла ее упругой части показана на рис. 2 кривой 2.

Из графика видно, что уменьшение центрального угла упругой части пружины, например, на 90° , т. е. на $1/3$, снижает перемещение конца пружины всего на 11% .

Далее из формулы (5) следует, что перемещение конца может быть увеличено за счет увеличения ρ_A , но при этом уменьшится тяговое усилие.

Для проверки теоретических выводов были проделаны опыты. Измерялись перемещения конца пружины и конца стрелки (рис. 4).

прикрепленной к пружине, при повышении давления равными ступенями. Измерения проведены на проекторе при увеличении в 50 раз.

Установлено, что в пределах точности опыта теоретические и экспериментальные результаты совпадают. При расчетах принималось, что оба конца трубки на длине, соответствующей центральному углу 8° , являются жесткими [2].

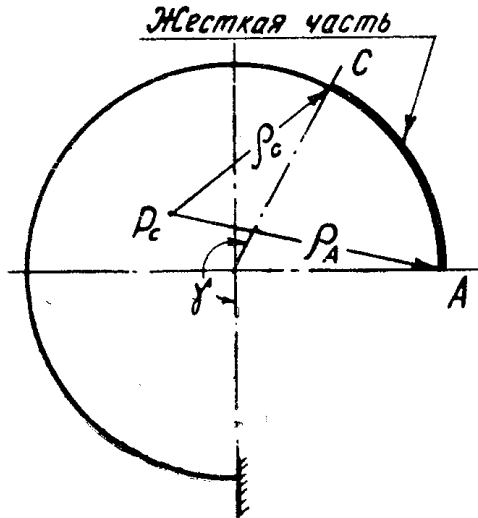


Рис. 3.

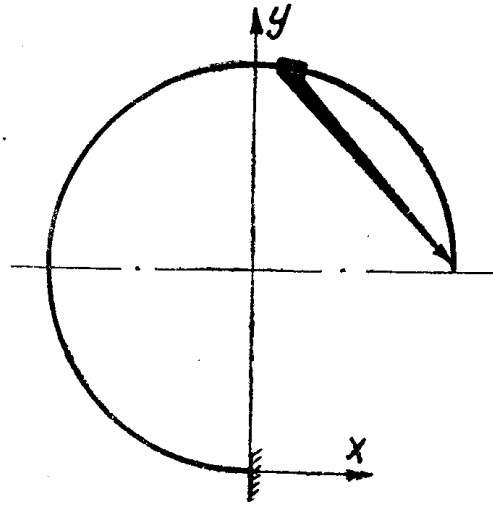


Рис. 4.

Выводы

Целесообразно манометрическую пружину конструировать так, чтобы центральный угол упругого элемента не превышал $220 \div 240$.

Для сохранения чувствительности ось тяги передаточно-множительного механизма следует помещать не на конце укороченного упругого элемента, а в точке на оси пружины с координатами $270^\circ \div 300^\circ$.

Уменьшение длины манометрической пружины удешевит приборы и увеличит устойчивость к динамическим нагрузкам за счет уменьшения веса и размеров упругой части.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Феодосьев. Упругие элементы точного приборостроения. Государственное издательство оборонной промышленности, М., 1949.
2. Walter Wuest. Die Bewegungslehre von Röhrenfedern. Zeitschrift für Instrumentenkunde, 63 Jahrgang Dezember, 1943.