

О ДЕФОРМАЦИИ КОНИЧЕСКОЙ ПРУЖИНЫ С ПОСТОЯННЫМ УГЛОМ ПОДЪЕМА, ОБЛАДАЮЩЕЙ ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

Абдрахманов С.А., Абдыжапар Асылбек, Доталиева Ж.Ж., Кожошов Т.Т.

Кыргызский Государственный Технический Университет им. И.Раззакова,
г. Бишкек, Кыргызстан
abdrahmanov7@rambler.ru

В работе рассматривается проблемный вопрос определения осевых перемещений конических пружин с постоянным углом подъема, изготовленных из материала с эффектом памяти формы. Получены формулы для осевых перемещений, отражающие различные стадии ее деформирования.

Рассматривается метод расчета конической пружины, работающей в неупругой области деформирования. Этот вопрос стал актуальным в связи с появлением материалов с памятью формы. Известно, что эффект восстановления формы и генерации реактивных усилий проявляются после деформирования пружины в неупругой области [1,2]. В связи с этим, для изучения этих эффектов в первую очередь необходимо получить зависимость осевых перемещений λ от растягивающих усилий P . Считаем, что пружина статически нагружается силой P в изотермических условиях в температурной области существования устойчивой мартенситной фазы, при этом неупругие деформации обусловлены фазовыми превращениями.

Рассматривается растяжение конической пружины, имеющей следующие параметры: R_1, R_2 – верхний и нижний радиус пружины ($R_2 > R_1$), i – количество витков, α, ψ – углы подъема витков и распора конуса. В данном случае уравнение спирали в плане запишется в виде [3]

$$R = R_1 e^{m\varphi}, \quad (0 \leq \varphi \leq 2\pi i) \quad (1)$$

где $m = 1/\sqrt{A^2 - 1} = \frac{1}{2\pi i} \ln \frac{R_2}{R_1}$, $A = \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \frac{\psi}{2}$.

При малых углах подъема витки пружины в основном работают на кручение. В этом случае из геометрических соображений для осевого перемещения $d\lambda$ можно записать следующее выражение:

$$d\lambda = R^2 \theta d\varphi, \quad (2)$$

где θ – относительный угол закручивания прутка пружины.

Таким образом, если известна зависимость θ от крутящего момента $M = P \cdot R$, интегрируя выражение (2) в соответствующих пределах, можно найти осевое перемещение рассматриваемой пружины. Для вывода этой зависимости необходимо знание диаграммы деформирования проволоки. Примем её в виде двухзвенной ломанной, с модулями сдвига в упругой и неупругой области соответственно G и nG , где n – характеризует упрочнение материала ($0 \leq n \leq 1$). Касательные напряжения, соответствующие началу фазовой текучести, обозначим через $\tau_{фт}$.

Значения крутящего момента и относительного угла закручивания, при котором максимальное касательное напряжение равно $\tau_{фт}$, обозначим через $M_{фт}$ и $\theta_{фт}$. Они определяются следующими формулами:

$$M_{фт} = \tau_{фт} \cdot W_p, \quad \theta_{фт} = \tau_{фт} / G r_0. \quad (3)$$

Здесь $W_p = J_p / r_0$ – момент сопротивления кручения; r_0 – радиус прутка пружины.

Зависимость $M(\theta)$ в неупругой области деформирования получена нами в работе [4]. В безразмерном виде она записывается следующим образом:

$$\bar{M} = n\bar{\theta} + \frac{1-n}{3} \left(4 - \frac{1}{\bar{\theta}^3}\right), \quad \bar{\theta} \geq 1 \quad (4)$$

Здесь $\bar{M} = \frac{M}{M_{\text{фт}}}$ и $\bar{\theta} = \frac{\theta}{\theta_{\text{фт}}}$.

Исходя из физической сути задачи, эта зависимость обращена и аппроксимирована двумя функциями (В дальнейшем, для удобства, «чёрточки» над функциями \bar{M} и $\bar{\theta}$ опускаем).

$$\theta(M) = a_0 + a_1M + a_2M^2, \quad (1 \leq \theta \leq \theta^*) \quad (5)$$

$$\theta = \frac{1}{3N} \left[M - \left(4N - \frac{N}{\theta^{*3}} \right) \right] = b_0 + b_1M. \quad (\theta > \theta^*) \quad (6)$$

Здесь θ^* находится из условия максимального расхождения функций в пределах 5%.

Рассмотрим различные этапы работы пружины. Очевидно, при растягивающей силе $P < P_{\text{фт}}$ вся пружина работает в упругой области (рис.1,а). Здесь $P_{\text{фт}} = M_{\text{фт}}/R_2$. При силе $P > P_{\text{фт}}$ в пружине образуются две зоны: упругая ($R_1 \leq R \leq R_{\text{фт}}$) и неупругая ($R_{\text{фт}} \leq R \leq R_2$), здесь $R_{\text{фт}} = M_{\text{фт}}/P$ (рис.1,б). При нагрузке $P^* = M^*/R_2$ в пружине начинает образовываться ещё одна зона, где M^* – крутящий момент, соответствующий относительно-му углу закручивания θ^* . При нагрузке $P > P^*$ имеем три зоны: зона, где $\theta < \theta_{\text{фт}}$ ($R_1 \leq R \leq R_{\text{фт}}$); зона, где $\theta_{\text{фт}} \leq \theta \leq \theta^*$ ($R_{\text{фт}} \leq R \leq R^*$) и зона, где $\theta > \theta^*$ ($R^* \leq R \leq R_2$). Здесь $R^* = M^*/P$. При нагрузке $P^{**} = M_{\text{фт}}/R_1$ упругая зона может исчезнуть (рис.1,г). При нагрузках $P > P^{**}$ относительный угол закручивания пружины определяется только выражением (6). В этом случае $P^{**} = M^*/R_1$ (рис1, д).

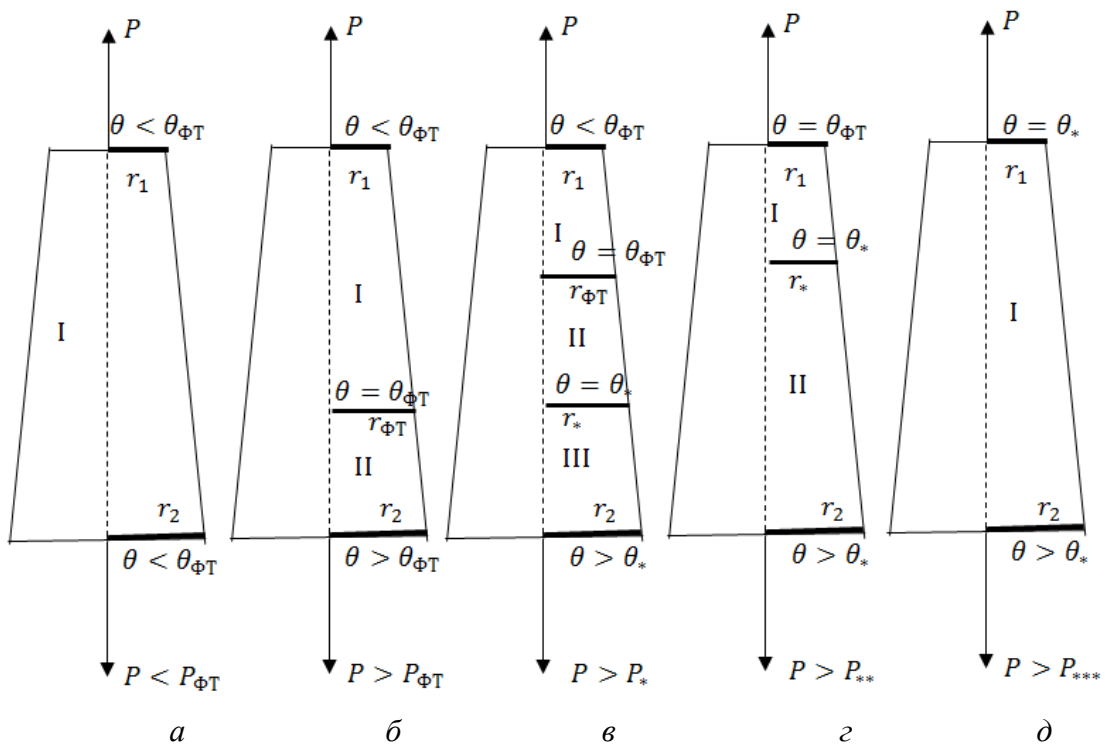


Рис. 1. Схематическое изображение конической пружины при различных этапах ее работы

Используя формулы (2), (5) и (6) получены следующие формулы для определения перемещений λ :

$$\lambda = \frac{P}{3mGJ\rho} (R_2^3 - R_1^3) \quad (P < P_{\text{фТ}}) \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{P}{3mGJ\rho} (R_{\text{фТ}}^3 - R_1^3) + \frac{\theta_{\text{фТ}}}{m} \left[\frac{a_0}{2} (R_2^2 - R_{\text{фТ}}^2) + \frac{a_1 P}{3M_{\text{фТ}}} (R_2^3 - R_{\text{фТ}}^3) + \frac{a_2 P^2}{4M_{\text{фТ}}^2} (R_2^4 - R_{\text{фТ}}^4) \right] \quad (P_{\text{фТ}} \leq P \leq P^*) \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{P}{3mGJ\rho} (R_{\text{фТ}}^3 - R_1^3) + \frac{\theta_{\text{фТ}}}{m} \left[\frac{a_0}{2} (R_*^2 - R_{\text{фТ}}^2) + \frac{a_1 P}{3M_{\text{фТ}}} (R_*^3 - R_{\text{фТ}}^3) + \frac{a_2 P^2}{4M_{\text{фТ}}^2} (R_*^4 - R_{\text{фТ}}^4) + \frac{b_0}{2} (R_2^2 - R_*^2) + \frac{b_1 P}{3M_{\text{фТ}}} (R_2^3 - R_*^3) \right] \quad (P^* \leq P \leq P^{**}) \quad (9)$$

$$\lambda = \frac{\theta_{\text{фТ}}}{m} \left[\frac{a_0}{2} (R_*^2 - R_1^2) + \frac{a_1 P}{3M_{\text{фТ}}} (R_*^3 - R_1^3) + \frac{a_2 P^2}{4M_{\text{фТ}}^2} (R_*^4 - R_1^4) + \frac{b_0}{2} (R_2^2 - R_*^2) + \frac{b_1 P}{3M_{\text{фТ}}} (R_2^3 - R_*^3) \right] \quad (P^{**} \leq P \leq P^{***}) \quad (10)$$

$$\lambda = \frac{\theta_{\text{фТ}}}{m} \left[\frac{b_0}{2} (R_2^2 - R_1^2) + \frac{b_1 P}{3M_{\text{фТ}}} (R_2^3 - R_1^3) \right] \quad (P > P^{***}) \quad (11)$$

Список литературы

1. Лихачев В.А. и др. Эффект памяти формы. Изд-во ЛГУ, 1987, 216 с.
2. С. Абдрахманов. Деформация материалов с памятью формы при термосиловом воздействии. Бишкек, «Илим», 1991.
3. Пономарёв С.Д., Андреева Л.Е. Расчёт упругих элементов машин и приборов. М.: Машиностроение, 1980. – 326 с
4. Абдрахманов С.А., Асылбек Абдыжапар. Кручение вала в неупругой области деформирования. Известия КГТУ им. И.Раззакова, №30.Бишкек, 2013 – С. 86-88.

ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫЕ ЭКРАНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ 0,7...17 ГГц

Волочко А.Т., Зеленин В.А., Марков Г.В., Нарушко Е.О.

ГНУ "Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси", Минск
lena-narushko@mail.ru

В настоящее время окружающий нас мир буквально пронизан электромагнитными волнами. Немало устройств излучают электромагнитные волны, которые оказывают воздействие на живые организмы, вносят изменения в работу особо чувствительных измерительных приборов, сильно усложняя получение достоверных данных. Электромагнитные излучения элементов компьютера могут послужить одним из каналов утечки информации. Принимая и декодируя электромагнитные излучения компьютера, можно получить информацию о базе данных компьютера, внести изменения и нарушить его работу. Для защиты от такого несанкционированного доступа все электронные системы и компьютеры должны иметь эффективные экранирующие покрытия, наносимые на поверхность пластмассового корпуса, а дисплей, обладая способностью экранирования электромагнитных