

УДК 621.772:622.7.012.7

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ОБОЛОЧЕК, НАГРУЖЕННЫХ ВНУТРЕННИМ ДАВЛЕНИЕМ

Н.Ж.Жанабай
ЮКГУ им. М.Ауезова, г.Шымкент

Стоимость конструкций, включающая в себя, в основном, стоимость материалов, стоимость изготовления и монтажа, является основным показателем принятых решений.

Для оценки экономической рациональности предварительно напряженных оболочек на практике применяются различные методики [1-3].

Если в одном случае экономическая эффективность предварительно напряженных оболочек определяется отношением суммарной толщины оболочки δ_c и обмотки δ_n к толщине аналогичной оболочки δ_0 , выполненной без предварительного напряжения [1]:

$$\psi = \frac{\delta_c + \delta_n}{\delta_0}, \quad (1)$$

то в других случаях предлагается определять только по максимальному давлению, достигаемому нагружением оболочки внутренним давлением до разрушения [2].

В качестве оптимального в этих условиях рекомендуется производить выбор приведенной высоты обмотки δ_n , предполагая равенство окружных σ_{1c} и осевых σ_{2c} напряжений стенки оболочки при достижении максимального давления.

Так как внутреннее рабочее давление в оболочке устанавливается обычно по отношению к пределу текучести материала стенки оболочки [3], наверное, было бы правильным оценку эффективности предварительно напряженных оболочек производить по давлению, соответствующему достижению стенкой оболочки предела текучести, предложенному в работе [4].

Оценим эффективность предварительно напряженных оболочек, нагруженных внутренним давлением, с учетом параметров напряженного состояния, механических свойств материалов стенки и параметров предварительного напряжения.

Рассмотрим тонкую цилиндрическую оболочку, изготовленную из изотропного материала. Диаграмму деформирования представим в степенной аппроксимации в виде [5]:

$$\sigma_i = A \varepsilon_{ip}^m, \quad (2)$$

где σ_i , ε_{ip}^m - интенсивность напряжений и деформаций; A , m - константы материала.

Напряженная обмотка работает в упругой области, изменение размеров в результате упругих деформаций не учитывается.

Оценку эффективности предварительного напряжения оболочки произведем для условия создания конструкции минимальной массы и достижения экономии материала.

Для оценки эффективности предварительного напряжения оболочки (Ξ) воспользуемся соотношением:

$$\Xi = \frac{P_{\text{СПНТ}}}{P_{\text{СТ}}} \quad (3)$$

где $P_{\text{СПНТ}}$ - давление, соответствующее пределу текучести материала стенки предварительно напряженной оболочки; $P_{\text{СТ}}$ - давление, соответствующее пределу текучести материала сплошной оболочки с эквивалентной толщиной.

Давление, соответствующее пределу текучести материала стенки предварительно напряженной оболочки [4]:

$$P_{\text{СПНТ}} = \frac{2k\sigma_{1c}\delta_0}{R_0 e^{\frac{0.006}{2-m}}} \quad (4)$$

или учитывая, что $\sigma_{1c} = A_c \left(\frac{0.004}{2-k} \right)^{m_c} (1-k+k^2)^{\frac{m_c-1}{2}}$,

$$P_{\text{СПНТ}} = \frac{2kA_c \left(\frac{0.004}{2-k} \right)^m (1-k+k^2)^{\frac{m-1}{2}} \delta_{oc}}{R_0 e^{\frac{0.006}{2-k}}} \quad (5)$$

Давление в сплошной оболочке с эквивалентной толщиной стенки ($k = 0,5$) [4]:

$$P_{\text{СТ}} = \frac{A_c \left(\frac{0.004}{1.5} \right)^{m_c} 0.75^{\frac{m_c-1}{2}} (\delta_{oc} + \delta_{on})}{R_0 e^{0.004}} \quad (6)$$

Значение приведенной толщины проволоочной обмотки δ_{on} в формуле (6) определяется из выражения:

$$\begin{aligned} & \frac{\delta_{on}^3}{a} \sigma_n \sin^2 \alpha e^{\frac{3}{2}\varepsilon_{1pn}} + \delta_{oc} \frac{\delta_{on}^2}{a} \sigma_n \sin^2 \alpha e^{\frac{1+k}{2-k}\varepsilon_{1pc}-\varepsilon_{1pn}} + \\ & + \delta_{oc} \delta_{on} \left(A_c \left(\frac{2\varepsilon_{1pc}}{2-k} \right)^{m_c} (1-k+k^2)^{\frac{m_c-1}{2}} e^{\frac{1}{2}\varepsilon_{1pn}-\varepsilon_{1pc}} - \right. \\ & \left. - 2kA_c \left(\frac{2\varepsilon_{1pc}}{2-k} \right)^{m_c} (1-k+k^2)^{\frac{m_c-1}{2}} e^{\frac{1+k}{2-k}\varepsilon_{1pc}+\varepsilon_{1pn}} \right) + \\ & + \delta_{oc}^2 A_c \left(\frac{2\varepsilon_{1pc}}{2-k} \right)^{m_c} (1-k+k^2)^{\frac{m_c-1}{2}} (1-2k) e^{\frac{3}{2-k}\varepsilon_{1pc}} = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Напряжение намотки в выражении (7) определяется по формуле:

$$\sigma_{1n} = \sigma_1(1 - \mu m) + 0.002E = A_c \left(\frac{0.004}{2-k} \right)^{m_c} (1-k+k^2)^{\frac{m-1}{2}} (1 - \mu m) + 0.002E \quad (8)$$

Подставляя (5), (6) в выражение (3), получаем окончательную формулу для подсчета эффективности предварительного напряжения для условия создания конструкции минимальной массы:

$$\Theta = \frac{2k(1-k+k^2)^{\frac{m_c-1}{2}} \delta_{oc} 1.5^{m_c} e^{0.004}}{(2-k)^{m_c} 0.75^{\frac{m_c-1}{2}} (\delta_{oc} + \delta_{on}) e^{\frac{0.006}{2-k}}} \quad (9)$$

Результаты расчета магистральных трубопроводов из стали 17ГС с $m_c=0.114$, диаметром 1220 мм, толщиной стенки 12.5 мм с намоткой из проволоки марки 65Т с $m_n=0.020$ с диаметром 3 мм в виде зависимостей эффективности предварительного напряжения от параметра напряженного состояния представлены на рисунке 1.

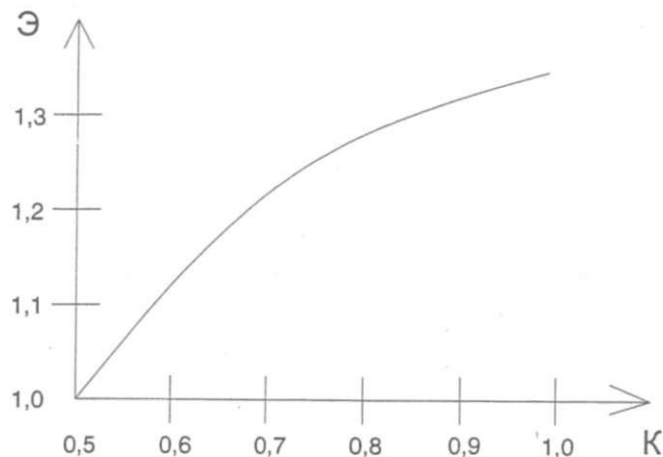


Рисунок 1 – Зависимость эффективности предварительного напряжения от параметра напряженного состояния

Заметим, что для каждого из материалов труб существует определенное оптимальное значение k_{opt} , обеспечивающее максимальную эффективность Θ_{max} . С увеличением показателя степени упрочнения m , повышением значения константы материала A величина оптимального напряженного состояния уменьшается.

Литература

- 1 Белень Е.И., Астрыб С.М., Рамазанов Э.Б. Предварительно-напряженные металлические листовые конструкции. - М.: Стройиздат, 1979. - 192 с.
- 2 Матвеев Ю.М., Моношков А.Н., Лупин В.А. Определение предельного давления для бандажированных труб // Строительство трубопроводов. -1970. - №2.
- 3 Иванцов О.М. Пути повышения надежности трубопроводов // Строительство трубопроводов. -1977. - №10.- С.30-34.
- 4 Смирнов А.И. Оценка экономической эффективности бандажированных труб // Строительство трубопроводов.- 1978. - №4.- С.21-22.
- 5 Томсен Э., Янг Ч., Кабаяши Ш. Механика пластических деформаций при обработке металла. – М.: Машиностроение, 1969. – 504с.

Қорытынды

Мақалада қабықша қабырғасы материалының аққыштық шегіне жету қысымына сүйене, алдынала кернеулеуді қабықшаларда қолданудың тиімділігі сұрақтары қарастырылған.

Summary

In clause the questions of an estimation of efficiency of a preliminary pressure in environments on pressure to the appropriate achievement by a wall of a limit of fluidity are considered.