

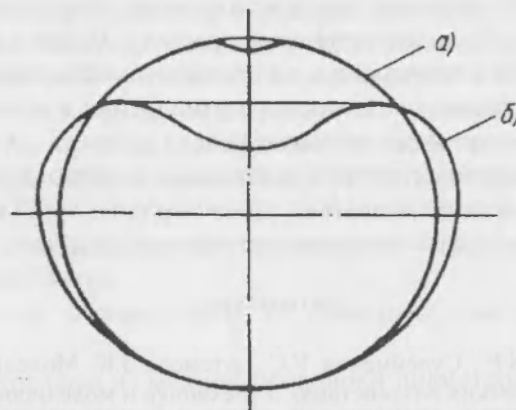
КРИТИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ КОЛЬЦЕВОЙ ОБМОТКИ ОБОЛОЧКАХ

У.С. Сулейменов, Н.Ж. Жанабай, М.К. Укибаев
ЮКГУ им.М.Ауезова, г.Шымкент

Увеличение предварительного напряжения в листовых конструкциях приводит, с одной стороны, к возрастанию несущей способности, а с другой – к уменьшению массы и стоимости конструкции. Но величина предварительного напряжения ограничена, так как при больших значениях оболочка может потерять устойчивость.

Предварительно напряженная оболочка подвергается равномерно распределенному по боковой поверхности внешнему давлению, обусловленному воздействием напряженной обмотки. В рассматриваемом случае, если затянутой обмоткой оболочка начнет искривляться, то радиальное давление возрастает там, где увеличится кривизна и уменьшается у концов малой оси. Разность нагрузок восстановит круговую форму. Таким образом можно сказать, что радиальные перемещения стенки оболочки за начальный контур стеснены навитой на нее обмоткой [1]. Чтобы произошла потеря устойчивости такой оболочки, необходимо придать оболочке некоторое искривление, достаточное для того, чтобы на небольшом участке оболочка отслоилась от обмотки. После того, как оболочка приобрела новую равновесную форму, усилие натяжения обмотки резко уменьшается, так как в результате образования вмятины периметр поперечного сечения оболочки меньше периметра обмотки.

Известны несколько работ, посвященных задаче определения усилия натяжения обмотки, вызывающей потерю устойчивости кольца.



a – начальная; *б* - конечная

Рисунок 1 - Формы выпучивания цилиндрической оболочки при наличии предварительно-напряженной обмотки

На основе статического критерия устойчивости Ч.Эймером [2] получена формула для критического значения усилия в обмотке:

$$S_{cr} = \frac{10,5}{2\pi} \sqrt{E_1 J F_2 f}, \quad (1)$$

где f - площадь сечения обмотки, приходящаяся на единицу длины оболочки;

$E_1 J$ - жесткость кольца.

Формула, отражающая зависимость критических напряжений от гибкости оболочки r/δ_1 , от жесткости оболочки и обмотки по Эймеру, выглядит следующим образом:

$$\sigma_{cr} = 0,5084 \frac{E}{r} \sqrt{\delta_1 m \delta_2} \quad (2)$$

где δ_1 – толщина оболочки;

δ_2 – приведенная толщина обмотки;

μ – коэффициент Пуассона.

$$m = \frac{E_2}{E_1}$$

Формула является приближенной и не учитывает влияние сил трения между оболочкой и обмоткой.

Э.Рамазанов [3] применил для решения задачи о критической величине натяжения обмотки на цилиндрическую оболочку метод перемещений. При этом предполагалось, что при навивке проволоки с некоторым усилием S_{cr} оболочка потеряла устойчивость и поперечное сечение ее приняло форму, показанную на рисунке 1.

При этом получена формула для определения усилия натяжения проволоки, при котором оболочка теряет устойчивость:

$$S_{cr} = \frac{2}{r} \sqrt{E_1 J F_2 \delta_2} \quad (3)$$

Учитывая, что

$$\sigma_{cr} = S_{cr} / \delta_1 \text{ и } J = \frac{\delta_1^3}{12(1-\mu^2)},$$

получена окончательная формула для критических напряжений в оболочке, обжатой напряженной обмоткой:

$$\sigma_{cr} = 0,58 \frac{E_1}{r} \sqrt{\delta_1 \delta_2 \frac{m}{1-\mu^2}} \quad (4)$$

где $m = E_2 / E_1$. Принимая коэффициент Пуассона, равном $\mu = 0,3$, получена формула:

$$\sigma_{cr} = 0,605 \frac{E_1}{r} \sqrt{\delta_1 m \delta_2} \quad (5)$$

Последняя формула имеет структуру, аналогичную формуле (2) Ч.Эймера, но несколько-большой числовой коэффициент. Приведенное решение также приближенно.

Приведем результаты расчета критических напряжений в образцах кольцевого сечения при обмотке ее высокопрочной проволокой.

Образцы смоделированы прямым и аффинным моделированием с привлечением метода анализа размерностей [4] и геометрически приведены к натурным размерам магистральных трубопроводов диаметрами в 720мм, 820мм и 1020мм.

Результаты расчета по формулам (2) и (5) показали, что при расчете критических напряжений (σ_{cr}) разница результатов между двумя формулами составила в пределах 12,5%-16,0%.

Критические напряжения, определяемые двумя вышеприведенными формулами, в зависимости от гибкости оболочки r/δ_1 показаны на рисунке 2. При этом соотношение толщин обмотки и оболочки δ_2/δ_1 принято равным 0,43.

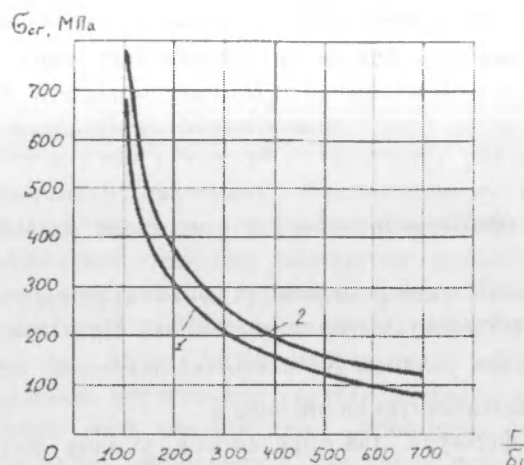


Рисунок 2 - Критические напряжения в цилиндрической оболочке при наличии напряженной обмотки, вычисленные для магистральных трубопроводов по: 1-Ч. Эймеру; 2-Э.Б.Рамазанову

Отметим, во - первых, что формулы (2) и (5) имеют приближенный характер, во вторых, результаты расчета показали, что критические напряжения, определенные по обеим формулам, заметно отличаются друг от друга.

Для установления того, в какой степени критические напряжения, полученные на основании вышеприведенных формул, соответствуют фактическим значениям, необходимо проведение экспериментальных исследований на моделях цилиндрических оболочек.

Литература

- 1 Беленя Е.И. и др. Предварительно-напряженные металлические листовые конструкции – М., 1979. -С.192.
- 2 Эймер Ч. Устойчивость конструкций, предварительно-напряженных при помощи обмотки. Бюллетень Польской академии наук. Отделение IУ. - т.4. -вып.4. -Варшава, 1956.
- 3 Рамазанов Э.Б. Устойчивость предварительно-напряженных цилиндрических металлических оболочек // Труды III Международной конференции по предварительно-напряженным металлическим конструкциям. т. I. - М., 1971.
- 4 Айнабеков А.И., У.С. Сулейменов и др. Моделирование потери устойчивости корпуса магистрального трубопровода при сжатии в пределах упругости // Наука и образование Южного Казахстана. -2004. -№5 (40) . -С.23-26.

Қорытынды

Мақалада орамамен алдын ала кернеуленген кабықшалардағы практикалық кернеулерді анықтау сұрақтары қарастырылған. Ч.Эймер мен Э.Рамазанов формулалары арқылы есептелген практикалық кернеулерді анықтаудағы ерекшеліктер көрсетілген.

Summary

This article consider critical tensions in covers which compressed by tension winding. Shown differents in results that solved by Ch.Aimer and A.B.Ramazanov.