

В работе показано влияние угла  $\theta$  на величину массы оболочечной конструкции при  $B/b=1,5$ ; 2,5.

Проведенные исследования позволили создать методику расчета элементов оболочечной конструкции на заданную надежность, удобную для практического применения, и сделать следующие выводы:

- толщина сферического купола убывает с увеличением угла  $\theta$ , а с увеличением отношения сторон поперечного сечения опорного кольца  $B/b$  - возрастает. Зависимости  $h = f(\theta)$  и  $h = f(B/b)$  являются нелинейными;
- площадь поперечного сечения опорного кольца убывает с увеличением угла  $\theta$ ; график  $A_{\text{кольца}} = f(\theta)$  имеет криволинейную зависимость;
- зависимость массы конструкции  $M$  от угла  $\theta$  является нелинейной. С увеличением угла  $\theta$  масса конструкции уменьшается.

Литература.

1. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. - М.: Стройиздат, 1982. - 351 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, 1969. - 576 с.
3. Гурьева Л.А., Гурьев И.Г. Расчет элементов оболочечной конструкции заданной надежности. Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Современные проблемы машиностроения", Гомель, 2002.
4. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. - М.: Судпромгиз, 1962. - 344 с.

## РАСЧЕТ ОБОЛОЧЕЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ЗАДАННУЮ НАДЕЖНОСТЬ

**И.Г. Гурьев, С.С. Сидорова**  
**Научный руководитель – Л.А. Гурьева**  
 УО «Полоцкий государственный университет»

В работе рассмотрен конический купол с углом  $\alpha$ , нагруженный давлением  $q$  (рис.1), величина которого случайна с нормальным законом распределения (математическое ожидание  $m_q=2$  МПа; среднее квадратическое отклонение  $\sigma_q=0,2$  МПа). Кромки крышки жестко связаны с упругим кольцом ( $R_k=2$  м). Материал оболочки и кольца одинаков, его несущая способность случайна с нормальным законом распределения ( $m_R=500$  МПа;  $\sigma_R=50$  МПа). Необходимо определить толщину оболочки  $h$  и площадь поперечного сечения опорного кольца, чтобы надежность  $N_{зад}=0,99$ . Случайный разброс толщины крышки учитывается с доверительной вероятностью  $H_n=0,9986$ , т.е.  $N_{зад}/H_n=0,99/0,9986=0,9914$ , а для  $N=0,9914$  гауссовский уровень надежности  $\gamma_{кр}=2,3832$ . Коэффициент  $k_{кш}$  определен по формуле

$$k_{кш} = \frac{m_R (1 - \gamma_{кр}^2 A_R^2)}{m_q (1 + \gamma_{кр} \sqrt{A_R^2 + A_q^2} - \gamma_{кр}^2 A_R^2 A_q^2)}$$

где  $A_R = \frac{\sigma_R}{m_R} = \frac{50}{500} = 0,1$ ;  $A_q = \frac{\sigma_q}{m_q} = \frac{0,2}{2} = 0,1$

$$k_{кш} = \frac{500 \cdot (1 - 2,3832^2 \cdot 0,1^2)}{2(1 + 2,3832 \cdot \sqrt{0,1^2 + 0,1^2} - 2,3832^2 \cdot 0,1^2 \cdot 0,1^2)} = 177.$$

Для кольца  $N=0,99$ ; гауссовский уровень надежности  $\gamma_{кольца}=2,326$ . Коэффициент  $k_{кольца}$  найден по формуле

$$k_{\text{кольца}} = \frac{m_R (1 - \gamma_{\text{кольца}}^2 A_R^2)}{m_q (1 + \gamma_{\text{кольца}} \sqrt{A_R^2 + A_q^2} - \gamma_{\text{кольца}}^2 A_R^2 A_q^2)} =$$

$$= \frac{500(1 - 2.326^2 \cdot 0.1^2)}{2 \cdot (1 + 2.326 \cdot \sqrt{0.1^2 + 0.1^2} - 2.326^2 \cdot 0.1^2 \cdot 0.1^2)} = 178.54$$

Площадь поперечного сечения кольца  $A_{\text{кольца}}$  рассмотрена при различных значениях  $\alpha$ , считая прямоугольные сечения с соотношением сторон  $B/b=1; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 3.5$ .

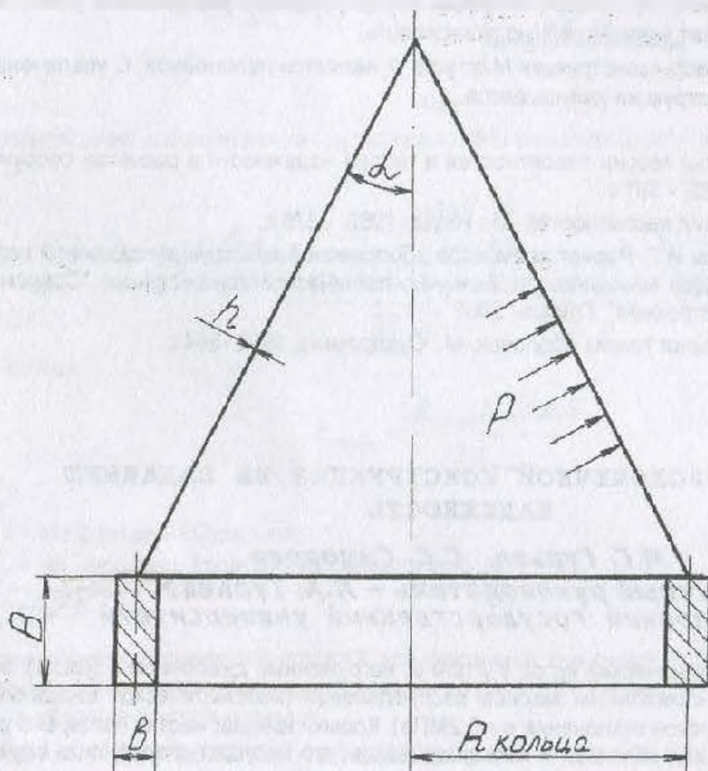


Рис. 1

Для определения коэффициента  $k_{\text{кон}}$  использовано выражение для максимальных напряжений [4]:

$$k_{\text{кон}} = \frac{R_{\text{кольца}}}{2h \cos \alpha} + \frac{1 + \frac{\sin \alpha \cdot 2h}{2 - \nu} \frac{b}{B}}{1 + \frac{12\sqrt{2}h^2 \sqrt{h} \sqrt{\cos \alpha}}{bB^3 \rho^3} + \frac{12h^4}{b^2 B^4 \rho^4}} \frac{3(2 - \nu)}{2\rho^2} \frac{2}{h \cos \alpha}$$

а для кольца

$$k_{\text{кольца}} = \frac{R_{\text{кольца}}^2 \operatorname{tg} \alpha}{2A_{\text{кольца}}}$$

где  $\nu$  - коэффициент Пуассона;

$A_{\text{кольца}} = bB$  - площадь поперечного сечения кольца;

$$\rho = \sqrt[3]{3(1 - \nu^2)}$$

Толщина стенки конуса  $h$  при различных значениях  $\alpha=15^\circ; 30^\circ; 45^\circ; 60^\circ; 75^\circ$  определена из решения алгебраических уравнений десятой степени. Например, при отношении  $B/b=2,5$  для различных углов  $\alpha$  имеем:

$$y^{10}-0,005847y^8+0,005345y^7-0,0000313y^5-1,276 \cdot 10^{-8}y^2-3,6415 \cdot 10^{-10}=0;$$

$$y^{10}-0,006524y^8+0,010997y^7-0,0000717y^5-1,2846 \cdot 10^{-7}y^2-4,1653 \cdot 10^{-8}=0;$$

$$y^{10}-0,0079898y^8+0,017098y^7-0,0001366y^5-6,642 \cdot 10^{-7}y^2-2,599 \cdot 10^{-8}=0;$$

$$y^{10}-0,011299y^8+0,024934y^7-0,0002817y^5-3,455 \cdot 10^{-8}y^2-1,917 \cdot 10^{-7}=0;$$

$$y^{10}-0,0218305y^8+0,0386414y^7-0,0008436y^5-0,00003454y^2-0,000003701=0.$$

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

$\alpha, ^\circ$	$R_{\text{кольца}}, \text{ м}$	$h, \text{ см}$	$B, \text{ см}$	$b, \text{ см}$	$A_{\text{кольца}}, \text{ см}^2$
15	2	1,15	8,650	3,460	30
30	2	1,80	12,750	5,100	65
45	2	2,60	16,725	6,690	112
60	2	4,08	22,025	8,810	194
75	2	8,00	32,325	12,931	4*8

В работе показано влияние угла конуса  $\alpha$  на величину массы оболочечной конструкции при  $B/b=1,5; 3,0$

Проведенные исследования позволили создать методику расчета элементов оболочечной конструкции на заданную надежность, удобную для практического применения, и сделать следующие выводы:

- толщина конической оболочки возрастает с увеличением угла  $\alpha$  и отношения сторон поперечного сечения опорного кольца  $B/b$ . Зависимости  $h = f(\alpha)$ ;  $h = f(B/b)$  являются нелинейными;
- площадь поперечного сечения опорного кольца возрастает с увеличением угла  $\alpha$ ; график  $A_{\text{кольца}} = f(\alpha)$  имеет криволинейную зависимость;
- зависимость массы конструкции  $M$  от угла  $\alpha$  является нелинейной и график  $M = f(\alpha)$  имеет минимальное значение при угле  $\alpha=30^\circ$ .

Литература.

1. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. - М.: Стройиздат, 1982 - 351 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей -М.: Наука, 1969. - 576 с.
3. Гурьева Л.А., Гурьев И.Г. Расчет элементов оболочечной конструкции заданной надежности. Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Современные проблемы машиностроения", Гомель, 2002.
4. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек.-М.: Судпромгиз, 1962 -344 с.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОЧНОСТИ

**И.В. Шлапаков, Я.А. Яско**  
**Научный руководитель - Ю.В. Попков**  
**УО «Полоцкий государственный университет»**

Нормы проектирования железобетонных конструкций устанавливают расчётное сопротивление арматуры сжатию в зависимости от двух факторов: расчётного сопротивления арматуры растяжению и предельной деформации укорочения бетона при сжатии. Очевидно, что для «мягких» сталей (низкопрочных), у которых достижение напряжениями предела текучести про-