Секция 11 «АРХИТЕКТУРА, ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

Секция 12 «ТРАНСПОРТ, СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ И ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ»

РАСЧЕТ СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С КОЛЬЦОМ ЖЕСТКОСТИ НА ЗАДАННУЮ НАДЕЖНОСТЬ

И.Г. Гурьев, Н.В. Акимова
Научный руководитель – Л.А. Гурьева
УО «Полоцкий государственный университет»

В работе рассмотрен сферический купол с углом θ, нагруженный давлением q (рис.1), величина которого случайна с нормальным законом распределения (математическое ожидание m_q=2 МПа; среднее квадратическое отклонение σ_q=0,2МПа). Кромки крышки жестко связаны с упругим кольцом ($R_к$=2 м). Материал оболочки и кольца одинаков, его несущая способность случайна с нормальным законом распределения (m_R=500 МПа; σ_R=50 МПа). Необходимо определить толщину оболочки h и площадь поперечного сечения опорного кольца, чтобы надежность $H_{зад}$=0,99. Случайный разброс толщины крышки учитывается с доверительной вероятностью H_h=0,9986, т.е. $H_{зад}$/Hh=0.99/0,9986=0,9914, а для H=0,9914 гауссовский уровень надежности $\gamma_{кр}$=2,3832. Коэффициент $k_{сф}$ определен по формуле

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

где

$$A_R = \frac{\sigma_R}{m_R} = \frac{50}{500} = 0.1; \quad A_q = \frac{\sigma_q}{m_q} = \frac{0.2}{2} = 0.1$$

$$k_{сф} = \frac{500\cdot\left(1-2.3832^2\cdot 0{,}1^2\right)}{2\left(1+2{,}3832\cdot\sqrt{0{,}1^2+0{,}1^2-2{,}3832^2\cdot 0{,}1^2\cdot 0{,}1^2}\right)} = 177$$

Для кольца H=0,99; гауссовский уровень надежности $\gamma_{кольца}$=2,326.

Коэффициент $k_{кольца}$ найден по формуле

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

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

Площадь поперечного сечения кольца $A_{кольца}$ рассмотрена при различных значениях θ, считая прямоугольные сечения с соотношением сторон B/b=1; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5.

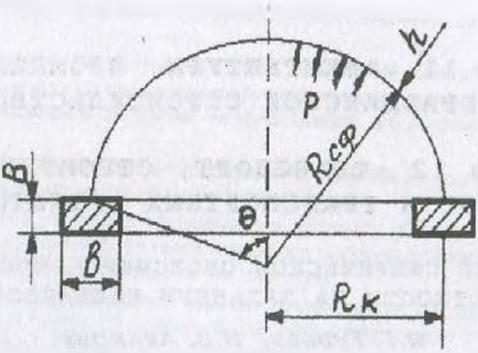

Рис. 1

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

$$k_{сф}=\frac{R_{сф}}{2h}\frac{1+\dfrac{\cos\theta}{1-\nu}\dfrac{2h}{bB}}{1+\dfrac{12\sqrt{2}h^2\sqrt{h}\sqrt{\sin\theta}}{bB^3\rho^3}+\dfrac{12h^4}{b^2B^4\rho^4}}\frac{3(1-\nu)}{\rho^2 h\sin\theta},$$

а для кольца

$$k_{кольца}=\frac{R_{кольца}R_{сф}\cos\theta}{2A_{кольца}},$$

где ν - коэффициент Пуассона;

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

$\rho=\sqrt[4]{3(1-\nu^2)}$.

Толщина стенки сферического купола h при различных значениях θ=15°; 30°; 45°; 60°; 75°; 90° определена из решения алгебраических уравнений десятой степени. Например, при отношении B/b=1,0 для различных углов θ имеем:

y10-0,021836y8+0,038645y7-0,000643852y5-1,382·10-5y2-8,23·10-7=0;

y10-0,011299y8+0,0249276y7-0,000281667y5-1,381·10-6y2-4,2·10-8=0;

y10-0,007994y8+0,01711505y7-0,0001368y5-2,65·10-7y2-5·10-9=0;

y10-0,006525y8+0,01094278y7-0,000071406y5-5,1·10-8y2-9,124·10-10=0;

y10-0,005847y8+0,005357664y7-0,000031328y5-5·10-9-y2-8,148667·10-11=0.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

θ, 0	$R_{кольца}$, м	h, см	B, см	b, см	$A_{кольца}$, $см^2$
15	2	5,88	20,445	20,445	418
30	2	2,96	13,928	13,928	194
45	2	1,86	10,583	10,583	112
60	2	1,31	8,044	8,044	65
75	2	0,87	5,477	5,477	30
90	2	0,57	0	0	0

В работе показано влияние угла θ 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 θ, 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 θ; график $A_{кольца} = f(\theta)$ имеет криволинейную зависимость;
- зависимость массы конструкции М от угла θ является нелинейной. С увеличением угла θ 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 α, нагруженный давлением q (рис.1), величина которого случайна с нормальным законом распределения (математическое ожидание m_q=2 МПа; среднее квадратическое отклонение σ_q=0,2МПа). Кромки крышки жестко связаны с упругим кольцом ($R_к$=2 м). Материал оболочки и кольца одинаков, его несущая способность случайна с нормальным законом распределения (m_R=500 МПа; σ_R=50 МПа). Необходимо определить толщину оболочки h и площадь поперечного сечения опорного кольца, чтобы надежность $H_{зад}$=0,99. Случайный разброс толщины крышки учитывается с доверительной вероятностью H_h=0,9986, т.е. $H_{зад}/H_h$=0,99/0,9986=0,9914, а для H=0,9914 гауссовский уровень надежности $\gamma_{кр}$=2,3832. Коэффициент $k_{кон}$ определен по формуле

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

где $A_R = \frac{\sigma_R}{m_R} = \frac{50}{500} = 0.1;\quad A_q = \frac{\sigma_q}{m_q} = \frac{0.2}{2} = 0.1$

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

Для кольца H=0,99; гауссовский уровень надежности $\gamma_{кольца}$=2,326.

Коэффициент $k_{кольца}$ найден по формуле