УДК. 539.4

Н.Г. Сурьянинов, Е.В. Слабенко

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ В ЗАДАЧЕ ИЗГИБА ДЛИННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Рассмотрено преобразование внешней нагрузки на цилиндрическую оболочку, которая зависит от двух переменных, к функции нагрузки, которая зависит только от одной переменной, что соответствует алгоритму численно- аналитического метода граничных элементов

Ключевые слова: *внешняя нагрузка, цилиндрическая оболочка, граничные элементы, продольные кромки.*

Рис. 2. Табл. 2. Форм. 7. Лит. 2.

М.Г. Сурьянинов, Є.В. Слабенко

ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО НАВАНТАЖЕННЯ В ЗАВДАННІ ВИГИНУ ДОВГОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ

Розглянуте перетворення зовнішнього навантаження на циліндричну оболонку, що залежить від двох змінних, до функції навантаження, що залежить тільки від однієї змінної, відповідно до алгоритму чисельно-аналітичного методу граничних елементів

Ключові слова: *зовнішнє навантаження, циліндрична оболонка, граничні елементи, поздовжні кромки.*

N.G. Suryaninov, E.V. Slabenko

THE TRANSFORMATION OF THE EXTERNAL LOAD IN THE PROBLEM OF BENDING A LONG CYLINDRICAL SHELL

A transformation of the external load on the cylindrical shell, which depends on two variables, a function of the load, which depends only on one variable that corresponds to the algorithm of the numerical-analytic boundary element method

Keywords: vneshnyaya load, cylindrical shell, hranychnыe elements, prodolnыe edge.

В соответствии с известной концепцией численно-аналитического метода граничных элементов [1, 2], внешняя нагрузка, приложенная к цилиндрической оболочке, зависящая от двух переменных x и θ, должна быть преобразована к нагрузке, зависящей только от одной переменной θ, при известной функции распределения вдоль оси x системы координат. Рассмотрим наиболее общий случай внешней нагрузки на оболочку (рис. 1, 2) в системе осей x, S ($S = R\theta$).

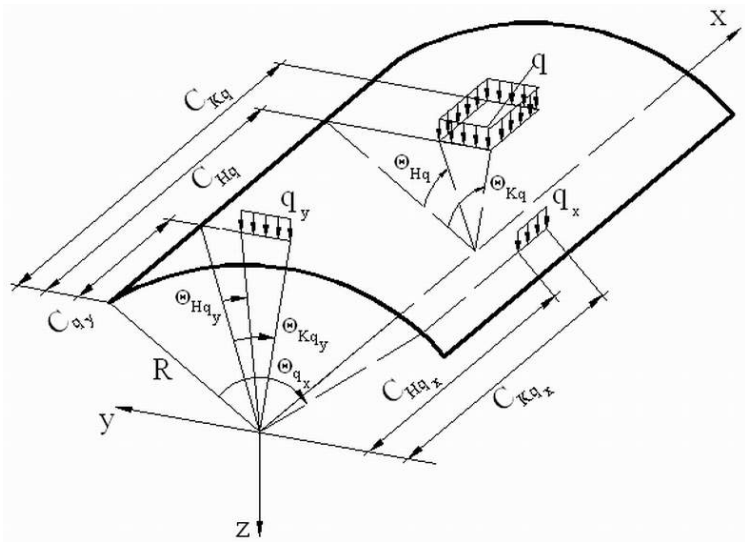


Рис. 1. **Распределенные нагрузки на цилиндрическую оболочку**

Искомую функцию внешней нагрузки можно представить в виде [1]

$$q(\theta) = \int_0^{l_1} q(x, \theta) X(x) dx. \qquad (1)$$

При принятых обозначениях (рис. 1, 2) начальное выражение нагрузки $q(x, \theta)$, как функции двух переменных, запишем следующим образом:

$$
\begin{aligned}
q(x,\theta) = {} & \frac{F}{R}\delta(x-c_F)\delta(\theta-\theta_F) + M_x\delta'(x-c_{M_x})\frac{1}{R}\delta(\theta-\theta_{M_x}) + \\
& + M_y\delta(x-c_{M_y})\frac{1}{R^2}\delta'(\theta-\theta_{M_y}) + \\
& + q_x\left[H(x-c_{Hq_x}) - H(x-c_{Kq_x})\right]\frac{1}{R}\delta(\theta-\theta_{q_x}) + \\
& + q_y\left[H(R\theta-R\theta_{Hq_y}) - H(R\theta-R\theta_{Kq_y})\right]\delta(x-c_{q_y}) + \\
& + q[H(x-c_{Hq})H(R\theta-R\theta_{Hq}) - H(x-c_{Kq})H(R\theta-R\theta_{Kq})],
\end{aligned}
\tag{2}
$$

где δ и H — функции Дирака и Хевисайда соответственно.

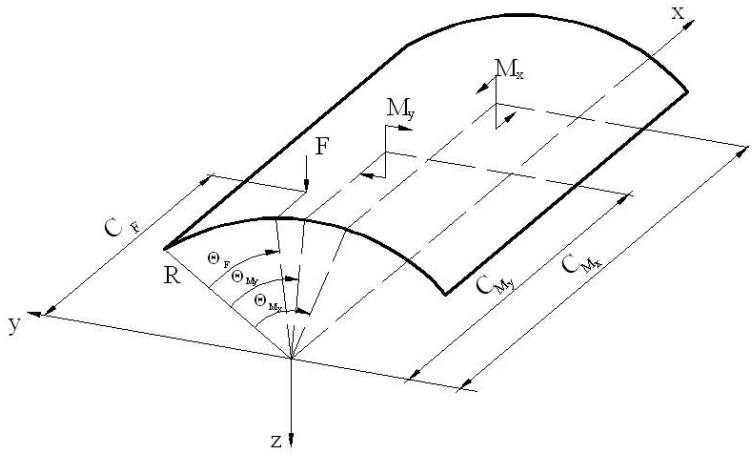
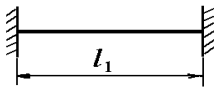
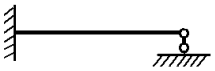
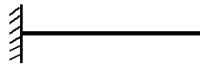
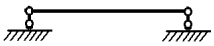
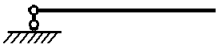


Рис. 2. **Сосредоточенные нагрузки на цилиндрическую оболочку**

Таблица 1. **Аналитическое выражение функции** $X(x)$

Схема балки	Форма собственных колебаний
	$X(x)=\sin(\omega x/l_1)-\mathrm{sh}(\omega x/l_1)-\alpha_*[\cos(\omega x/l_1)-\mathrm{ch}(\omega x/l_1)]$; $\alpha_*=\dfrac{\sin\omega-\mathrm{sh}\omega}{\cos\omega-\mathrm{ch}\omega}$
	$X(x)=\sin(\omega x/l_1)-\mathrm{sh}(\omega x/l_1)-\alpha_*[\cos(\omega x/l_1)-\mathrm{ch}(\omega x/l_1)]$; $\alpha_*=\dfrac{\sin\omega+\mathrm{sh}\omega}{\cos\omega+\mathrm{ch}\omega}$
	$X(x)=\sin(\omega x/l_1)-\mathrm{sh}(\omega x/l_1)-\alpha_*[\cos(\omega x/l_1)-\mathrm{ch}(\omega x/l_1)]$; $\alpha_*=\dfrac{\sin\omega+\mathrm{sh}\omega}{\cos\omega+\mathrm{ch}\omega}$
	$X(x)=\sin(\omega x/l_1)$
	$X(x)=\sin(\omega x/l_1)+\alpha_*\mathrm{sh}(\omega x/l_1)$; $\alpha_*=\dfrac{\sin\omega}{\mathrm{sh}\omega}$
	$X(x)=\sin(\omega x/l_1)+\mathrm{sh}(\omega x/l_1)-\alpha_*[\cos(\omega x/l_1)+\mathrm{ch}(\omega x/l_1)]$; $\alpha_*=\dfrac{\sin\omega-\mathrm{sh}\omega}{\cos\omega-\mathrm{ch}\omega}$

Выведем выражение $q(\theta)$ с учётом (2), рассматривая вариант жесткого защемления продольных кромок оболочки, при котором

$$
X(x)=\sin\frac{\omega x}{l_1}-\mathrm{sh}\frac{\omega x}{l_1}-\alpha_*\left[\cos\frac{\omega x}{l_1}-\mathrm{ch}\frac{\omega x}{l_1}\right],
\tag{3}
$$

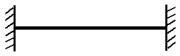
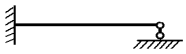
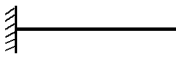
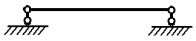
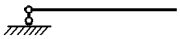
где $\alpha_*=\dfrac{\sin\omega-\mathrm{sh}\omega}{\cos\omega-\mathrm{ch}\omega}$, $\omega=4{,}73004075$.

Выражения функции $X(x)$ при других условиях закрепления продольных кромок цилиндрической оболочки приведены в табл. 1. Значения частот ω при разных условиях закрепления даны в табл. 2.

Подставим (3) в (1):

$$q(\theta)=\int_0^{l_1} q(x,\theta)\left[\sin\frac{\omega x}{l_1}-sh\frac{\omega x}{l_1}-\alpha_*\left(\cos\frac{\omega x}{l_1}-ch\frac{\omega x}{l_1}\right)\right]dx. \qquad (4)$$

Таблица 2. **Значения частот ω ($l=1$)**

Схема	Уравнение	Частоты
	$\cos\omega\cdot\mathrm{ch}\omega=1$	$\omega_1=4{,}730;\ \omega_2=7{,}859;$ $\omega_3=10{,}996;\ \omega_4=14{,}137$
	$\sin\omega\cdot\mathrm{ch}\omega=\cos\omega\cdot\mathrm{sh}\omega$	$\omega_1=3{,}927;\ \omega_2=7{,}069;$ $\omega_3=10{,}210;\ \omega_4=13{,}352$
	$\cos\omega\cdot\mathrm{ch}\omega=-1$	$\omega_1=1{,}875;\ \omega_2=4{,}694;$ $\omega_3=7{,}855;\ \omega_4=10{,}996$
	$\sin\omega=0$	$\omega_1=\pi;\ \omega_2=2\pi;$ $\omega_3=3\pi;\ \omega_4=4\pi$
	$\sin\omega\cdot\mathrm{ch}\omega=\cos\omega\cdot\mathrm{sh}\omega$	$\omega_1=0;\quad\omega_2=3{,}927;$ $\omega_3=7{,}069;\ \omega_4=10{,}210$
	$\cos\omega\cdot\mathrm{ch}\omega=1$	$\omega_1=0;\quad\omega_2=4{,}730;$ $\omega_3=7{,}853;\ \omega_4=10{,}996$

Таким образом, задача сводится к вычислению четырёх интегралов, алгебраическая сумма которых и будет представлять собой аналитическое выражение функции $q(\theta)$.

$$1)\int_0^{l_1} q(x,\theta)\sin\frac{\omega x}{l_1}dx=\int_0^{l_1}\frac{F}{R}\delta(x-c_F)\delta(\theta-\theta_F)\sin\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{M_x}{R}\delta'(x-c_{M_x})\delta(\theta-\theta_{M_x})\sin\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{M_y}{R^2}\delta(x-c_{M_y})\delta'(\theta-\theta_{M_y})\sin\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{q_x}{R}\left[H(x-c_{Hqx})-H(x-c_{Kqx})\right]\delta(\theta-\theta_{qx})\sin\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}q_y\left[H(R\theta-R\theta_{Hqy})-H(R\theta-R\theta_{Kqy})\right]\delta(x-c_{qy})\sin\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}q[H(x-c_{Hq})H(R\theta-R\theta_{Hq})-$$

$$-H(x-c_{Kq})H(R\theta-R\theta_{Kq})]\sin\frac{\omega x}{l_1}dx=$$

$$=\frac{F}{R}\sin\frac{\omega c_F}{l_1}\delta(\theta-\theta_F)-\frac{M_x\omega}{Rl_1}\cos\frac{\omega c_{M_x}}{l_1}\delta(\theta-\theta_{M_x})+$$

$$+\frac{M_y}{R^2}\sin\frac{\omega c_{M_y}}{l_1}\delta'(\theta-\theta_{M_y})+$$

$$+\frac{l_1 q_x}{\omega R}\left(\cos\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}-\cos\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}\right)\delta(\theta-\theta_{q_x})+$$

$$+q_y R\sin\frac{\omega c_{qy}}{l_1}\left[H(\theta-\theta_{Hqy})-H(\theta-\theta_{Kqy})\right]-$$

$$-\frac{qRl_1}{\omega}[(\cos\omega-\cos\frac{\omega c_{Hq}}{l_1})H(\theta-\theta_{Hq})-$$

$$-(\cos\omega-\cos\frac{\omega c_{Kq}}{l_1})H(\theta-\theta_{Kq})];$$

$$2)\int_0^{l_1} q(x,\theta)sh\frac{\omega_1 x}{l_1}dx=\int_0^{l_1}\frac{F}{R}\delta(x-c_F)\delta(\theta-\theta_F)sh\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{M_x}{R}\delta'(x-c_{M_x})\delta(\theta-\theta_{M_x})sh\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{M_y}{R^2}\delta(x-c_{M_y})\delta'(\theta-\theta_{M_y})sh\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{q_x}{R}\left[H(x-c_{Hqx})-H(x-c_{Kqx})\right]\delta(\theta-\theta_{qx})sh\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}q_y R\left[H(\theta-\theta_{Hqy})-H(\theta-\theta_{Kqy})\right]\delta(x-c_{qy})sh\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}qR[H(x-c_{Hq})H(\theta-\theta_{Hq})-H(x-c_{Kq})H(\theta-\theta_{Kq})]sh\frac{\omega x}{l_1}dx=$$

$$=\frac{F}{R}sh\frac{\omega c_F}{l_1}\delta(\theta-\theta_F)-\frac{M_x\omega}{Rl_1}ch\frac{\omega c_{M_x}}{l_1}\delta(\theta-\theta_{M_x})+$$

$$+\frac{M_y}{R^2}sh\frac{\omega c_{M_y}}{l_1}\delta'(\theta-\theta_{M_y})-$$

$$-\frac{l_1 q_x}{\omega R}\left(ch\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}-ch\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}\right)\delta(\theta-\theta_{qx})+$$

$$+q_y Rsh\frac{\omega c_{qy}}{l_1}\left[H(\theta-\theta_{Hqy})-H(\theta-\theta_{Kqy})\right]+$$

$$+\frac{qRl_1}{\omega}[(ch\omega-ch\frac{\omega c_{Hq}}{l_1})H(\theta-\theta_{Hq})-$$

$$-(ch\omega-ch\frac{\omega c_{Kq}}{l_1})H(\theta-\theta_{Kq})];$$

$$3)\int_0^{l_1} q(x,\theta)\cos\frac{\omega_1 x}{l_1}dx=\int_0^{l_1}\frac{F}{R}\delta(x-c_F)\delta(\theta-\theta_F)\cos\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{M_x}{R}\delta'(x-c_{M_x})\delta(\theta-\theta_{M_x})\cos\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{M_y}{R^2}\delta(x-c_{M_y})\delta'(\theta-\theta_{M_y})\cos\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{q_x}{R}\left[H(x-c_{Hqx})-H(x-c_{Kqx})\right]\delta(\theta-\theta_{q_x})\cos\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1} q_y R\left[H(\theta-\theta_{Hqy})-H(\theta-\theta_{Kqy})\right]\delta(x-c_{qy})\cos\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1} qR[H(x-c_{Hq})H(\theta-\theta_{Hq})-$$

$$-H(x-c_{Kq})H(\theta-\theta_{Kq})]\cos\frac{\omega x}{l_1}dx=$$

$$=\frac{F}{R}\cos\frac{\omega c_F}{l_1}\delta(\theta-\theta_F)+\frac{M_x\omega}{Rl_1}\sin\frac{\omega c_{M_x}}{l_1}\delta(\theta-\theta_{M_x})+$$

$$+\frac{M_y}{R^2}\cos\frac{\omega c_{M_y}}{l_1}\delta'(\theta-\theta_{M_y})-$$

$$-\frac{l_1 q_x}{\omega R}\left(\sin\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}-\sin\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}\right)\delta(\theta-\theta_{qx})+$$

$$+q_y R\cos\frac{\omega c_{qy}}{l_1}\left[H(\theta-\theta_{Hqy})-H(\theta-\theta_{Kqy})\right]+$$

$$+\frac{qRl_1}{\omega}[(\sin\omega-\sin\frac{\omega c_{Hq}}{l_1})H(\theta-\theta_{Hq})-$$

$$-(\sin\omega-\sin\frac{\omega c_{Kq}}{l_1})H(\theta-\theta_{Kq})]\qquad;$$

$$4)\int_0^{l_1} q(x,\theta)ch\frac{\omega_1 x}{l_1}dx=\int_0^{l_1}\frac{F}{R}\delta(x-c_F)\delta(\theta-\theta_F)ch\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{M_x}{R}\delta'(x-c_{M_x})\delta(\theta-\theta_{M_x})ch\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{M_y}{R^2}\delta(x-c_{M_y})\delta'(\theta-\theta_{M_y})ch\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1}\frac{q_x}{R}\left[H(x-c_{Hqx})-H(x-c_{Kqx})\right]\delta(\theta-\theta_{qx})ch\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1} q_y R\left[H(\theta-\theta_{Hqy})-H(\theta-\theta_{Kqy})\right]\delta(x-c_{qy})ch\frac{\omega x}{l_1}dx+$$

$$+\int_0^{l_1} qR[H(x-c_{Hq})H(\theta-\theta_{Hq})-H(x-c_{Kq})H(\theta-\theta_{Kq})]ch\frac{\omega x}{l_1}dx=$$

$$=\frac{F}{R}ch\frac{\omega c_F}{l_1}\delta(\theta-\theta_F)--\frac{M_x\omega}{Rl_1}sh\frac{\omega c_{M_x}}{l_1}\delta(\theta-\theta_{M_x})+$$

$$+\frac{M_y}{R^2}ch\frac{\omega c_{M_y}}{l_1}\delta'(\theta-\theta_{M_y})-$$

$$-\frac{l_1 q_x}{\omega R}\left(sh\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}-sh\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}\right)\delta(\theta-\theta_{qx})+$$

$$+q_y Rch\frac{\omega c_{qy}}{l_1}\left[H(\theta-\theta_{Hqy})-H(\theta-\theta_{Kqy})\right]+$$

$$+\frac{qRl_1}{\omega}[(sh\omega - sh\frac{\omega c_{Hq}}{l_1})H(\theta-\theta_{Hq}) -$$

$$-(sh\omega - sh\frac{\omega c_{Kq}}{l_1})H(\theta-\theta_{Kq})].$$

Подставим эти четыре интеграла в (4):

$$q(\theta)=\frac{F}{R}\delta(\theta-\theta_F)\left[\sin\frac{\omega c_F}{l_1}-sh\frac{\omega c_F}{l_1}-\alpha_*\left(\cos\frac{\omega c_F}{l_1}-ch\frac{\omega c_F}{l_1}\right)\right]-$$

$$\frac{M_x\omega}{Rl_1}\delta(\theta-\theta_{Mx})\left[\cos\frac{\omega c_{Mx}}{l_1}-ch\frac{\omega c_{Mx}}{l_1}+\alpha_*\left(\sin\frac{\omega c_{Mx}}{l_1}+sh\frac{\omega c_{Mx}}{l_1}\right)\right]+$$

$$+\frac{M_y}{R^2}\delta'(\theta-\theta_{My})\left[\sin\frac{\omega c_{My}}{l_1}-sh\frac{\omega c_{My}}{l_1}-\alpha_*\left(\cos\frac{\omega c_{My}}{l_1}-ch\frac{\omega c_{My}}{l_1}\right)\right]+$$

$$+\frac{l_1 q_x}{\omega R}\delta(\theta-\theta_{qx})\left[\cos\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}-\cos\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}+ch\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}-ch\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}+\right.$$

$$\left.+\alpha_*\left(\sin\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}-\sin\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}-sh\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}+sh\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}\right)\right]+$$

$$+q_y R\left[H(\theta-\theta_{Hqy})-H(\theta-\theta_{Kqy})\right]\times$$

$$\times\left[\sin\frac{\omega c_{qy}}{l_1}-sh\frac{\omega c_{qy}}{l_1}-\alpha_*\left(\cos\frac{\omega c_{qy}}{l_1}-ch\frac{\omega c_{qy}}{l_1}\right)\right]-$$

$$-\frac{qRl_1}{\omega}\left\{H(\theta-\theta_{Hq})\left[\cos\omega-\cos\frac{\omega c_{Hq}}{l_1}+ch\omega-ch\frac{\omega c_{Hq}}{l_1}+\right.\right.$$

$$\left.+\alpha_*\left(\sin\omega-\sin\frac{\omega c_{Hq}}{l_1}-sh\omega+sh\frac{\omega c_{Hq}}{l_1}\right)\right]-$$

$$-H(\theta-\theta_{Kq})\left[\cos\omega-\cos\frac{\omega c_{Kq}}{l_1}+\right.$$

$$\left.\left.-ch\frac{\omega c_{Kq}}{l_1}+\alpha_*\left(\sin\omega-\sin\frac{\omega c_{Kq}}{l_1}-sh\omega+sh\frac{\omega c_{Kq}}{l_1}\right)\right]\right\}. \qquad (5)$$

Введём дополнительные обозначения для составляющих выражения (5), которые не зависят от θ:

$$K_1=\sin\frac{\omega c_F}{l_1}-sh\frac{\omega c_F}{l_1}-\alpha_*\left(\cos\frac{\omega c_F}{l_1}-ch\frac{\omega c_F}{l_1}\right);$$

$$K_2=\cos\frac{\omega c_{Mx}}{l_1}-ch\frac{\omega c_{Mx}}{l_1}+\alpha_*\left(\sin\frac{\omega c_{Mx}}{l_1}+sh\frac{\omega c_F}{l_1}\right);$$

$$K_3=\sin\frac{\omega c_{My}}{l_1}-sh\frac{\omega c_{My}}{l_1}-\alpha_*\left(\cos\frac{\omega c_{My}}{l_1}-ch\frac{\omega c_{My}}{l_1}\right);$$

$$K_4=\cos\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}-\cos\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}+ch\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}-ch\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}+$$

$$+\alpha_*\left(\sin\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}-\sin\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}-sh\frac{\omega c_{Hqx}}{l_1}+sh\frac{\omega c_{Kqx}}{l_1}\right); \qquad (6)$$

$$K_5 = \sin\frac{\omega c_{qy}}{l_1} - sh\frac{\omega c_{qy}}{l_1} - \alpha_*\left(\cos\frac{\omega c_{qy}}{l_1} - ch\frac{\omega c_{qy}}{l_1}\right);$$

$$K_6 = \cos\omega - \cos\frac{\omega c_{Hq}}{l_1} + ch\omega - ch\frac{\omega c_{Hq}}{l_1} +$$

$$+\alpha_*\left(\sin\omega - \sin\frac{\omega c_{Hq}}{l_1} - sh\omega + sh\frac{\omega c_{Hq}}{l_1}\right);$$

$$K_7 = \cos\omega - \cos\frac{\omega c_{Kq}}{l_1} + ch\omega - ch\frac{\omega c_{Kq}}{l_1} +$$

$$+\alpha_*\left(\sin\omega - \sin\frac{\omega c_{Kq}}{l_1} - sh\omega + sh\frac{\omega c_{Kq}}{l_1}\right).$$

Учитывая (6), окончательно функцию внешней нагрузки можно представить в виде:

$$\begin{aligned} q(\theta) &= K_1\frac{F}{R}\delta(\theta-\theta_F) - K_2\frac{M_x\omega}{Rl_1}\delta(\theta-\theta_{M_x}) + \\ &+ K_3\frac{M_y}{R^2}\delta'(\theta-\theta_{M_y}) + \\ &+ K_4\frac{l_1 q_x}{\omega R}\delta(\theta-\theta_{q_x}) + \\ &+ K_5 q_y R\left[H(\theta-\theta_{Hq_y}) - H(\theta-\theta_{Kq_y})\right] - \\ &- \frac{qRl_1}{\omega}\left[K_6 H(\theta-\theta_{Hq}) - K_7 H(\theta-\theta_{Kq})\right]. \end{aligned} \tag{7}$$

Отметим, что рассмотренный случай жесткого закрепления продольных кромок цилиндрической оболочки можно считать “базовым” в том смысле, что при всех других условиях закрепления (табл. 1) выражение $q(\theta)$ строится на основе той или иной комбинации вычисленных четырёх интегралов.

1. Дащенко А.Ф. Численно-аналитический метод граничных элементов / А.Ф. Дащенко, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов – Одесса: ВМВ, 2010. – В 2–х томах. – Т.1. – 416 с. – Т. 2. – 512 с.
2. Дащенко А.Ф. MATLAB в механике деформируемого твердого тела. Алгоритмы и программы / А.Ф. Дащенко, В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов – Харьков: БУРУН КНИГА, 2011. – 480 с.

Стаття надійшла до редакції 24.09.2013.