: 2582-4686 SJIF 2021-3.261,SJIF 2022-2.889, 2024-
5 ResearchBib IF: 8.848 / 2024

THE MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

VOLUME-4, ISSUE-8

КВАЗИСТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЁННО - ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОСЕСИММЕТРИЧЕСКИЙ ИЗГИБ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Зафар Болтаев [а)]; Азиз Ҳожиев; Мавлуда Рузиева [б)]; Собир Собиров [c)] Фарход Ҳомидов [д)]

[1] *Бухарский инженерно-технологический институт, Буҳара, Узбекистан*

[а)] boltayev-z@mail.ru

[б)]ruziyevama825@gmail.com
[c)]sobirovsobir5678@gmail.com
[д)]Farhod2708@mail.ru

QUASI-STATIC STRESS-STRAIN STATE AXISYMMETRIC BENDING OF A CYLINDRICAL SHELL

Zafar Boltaev [a)]; Aziz Hojiyev; Mavluda Ruzieva [b)]; Sobir Sobirov [c)] and Farhod Homidov [d)]

[1]*Bukhara Engineering-Technological Institute, Bukhara, Uzbekistan*

[a)] boltayev-z@mail.ru
[b)]ruziyevama825@gmail.com
[c)]sobirovsobir5678@gmail.com
[d)]Farhod2708@mail.ru

В статье рассматривается вопросы квазистатического напряженно – деформированного состояния цилиндрической оболочки. Задача об осесимметрическом изгибе оболочки с жесткими днищами с помощью принципа возможных перемещений сведена к интегральному уравнению. Построено приближенное решение указанного уравнения.

Ключевые слова: цилиндр, напряженно–деформированного состояния, вязкость, квазистатическое уравнение, осесимметричкая тела.

С ростом скоростей , давлений , температур и других факторов , влияющих на прочность , надежность конструкций новой техники , особо важно задачей становятся разработки точных или достаточно точных методов решения задач деформирования [1-3].Все эта требует создания надежных методов расчета при различных видах нагрузок .Для описания процесса деформирования вязкоупругих материалов применяется наследственной теории Больцмана-Вольтера [4,5].

Задача об осесимметрическим изгибе вязкоупругой оболочки с жесткими днищами с помощью принципа возможных перемещений сведена к интегральному уравнению Вольтера с сингулярным не разносным ядром. Построено преображённое решение указанного уравнения, оценка погрешность приближенного решения.

Рассматривается вязкоупругая цилиндрическая оболочка с жесткими днищами, находящаяся под действием равномерно распределенного внутреннего давления q. Перемещения и деформации средной поверхности связан соотнощениями [6]:

$$\varepsilon = \frac{\partial u}{\partial x} + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2, \varepsilon_{xy} = 0, \quad (1)$$

деформации и напряжения срединой поверхности

$$\sigma_x = \frac{E_0}{1-\nu^2}\left[\varepsilon_x(t) - \nu\varepsilon_y(t) - \int_0^t R_e(t-\tau)(\varepsilon_x(\tau) - \nu\varepsilon_y(\tau))d\tau\right],$$
$$\sigma_y = \frac{E_0}{1-\nu^2}\left[\varepsilon_y(t) - \nu\varepsilon_x(t) - \int_0^t R_e(t-\tau)(\varepsilon_y(\tau) - \nu\varepsilon_x(\tau))d\tau\right], \quad (2)$$

кривизны срединной поверхности и изгибающие моменты

$$M_x = D_0\left[\chi_x(t) - \int_0^t R_e(t-\tau)\chi_x(\tau)d\tau\right],\ M_y = 0. \quad (3)$$

Здесь u, w–перемещение точек срединной поверхности в направлениях образующей и нормали к срединной поверхности; r-радиус оболочек; x,y-координаты, введение на срединной поверхности вдоль образующей и направляющей, $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_{xy}$ - деформации срединной поверхности, σ_x, σ_y- цепные напряжения, $\chi_x = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$ -кривизны образующей срединой поверхности, M_x, M_y - изгибающие моменты; ν-коэффициент Пуассона, который применяется постоянны; E_0 -мгновенный модуль упругости; $D_0 = \frac{E_0 h^3}{12(1-\nu^2)}$

-мгновенная цилиндрическая жесткость; h-толщина оболочки; $R_e(t-\tau)$ -ядро релаксации.

Напряженное и деформированное состояние оболочки должно удовлетворять принципу возможных перемещений, согласно которому работа всех внешних и внутренних сил на возможном перемещении срединной поверхности равна нулю:

$$\delta A_p + \delta A_{p0} + \delta A_{m0} + \delta A_m + \delta A_\sigma = 0. \quad (4)$$

Здесь δA_p–работа заданной поверхности нагрузки, δA_{p0}- работа напряжений, приложенных к торцы оболочки, δA_{m0}- работа изгибающих моментов, приложенных к торцы оболочки, δA_m -работа изгибающих моментов в срединной поверхности, δA_σ -работа цепных напряжений [6]

$$\delta A_p = -2\pi r\int_{-L/2}^{L/2} q(x)\delta w(x)dx,$$
$$\delta A_{p0} = 2\pi rh\left[\sigma_x(L/2)\delta u(L/2) - \sigma_x(-L/2)\delta u(-L/2)\right], \quad (5)$$
$$\delta A_{m0} = 2\pi r\left[M_x(-L/2)\delta\chi_x(-L/2) - M_x(l/2)\delta\chi_x(L/2)\right]$$
$$\delta A_m = 2\pi r\int_{-l/2}^{l/2} M_x\delta\chi_x dx,\ \delta A_\sigma = -2\pi rh\int_{-L/2}^{L/2}(\sigma_x\delta\varepsilon_x + \sigma_y\delta\varepsilon_y)dx$$

где L–длина оболочки. Задача о напряженном и деформированном состоянии оболочки теперь формулируется так.

При заданных давлениях и граничных условиях на направлениях $x = \pm\frac{L}{2}$ нужно найти перемещения и, срединной поверхности, удовлетворяющие геометрическим условиям и вариационному уравнению (4). Примени граничные условия, соответствующие свободному опиранию абсолютно жестким днищам ,при $x = L/2$:

$$w = 0; \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \quad \sigma_x = \frac{r}{2h}q. \quad (6)$$

Первое из этих условий является геометрическим, остальное два статическим.

Приближенное решение задача ищется в виде

$$u(x,t) = u_1(t)x + u_2(t)\sin\frac{2\pi}{L}x, \quad w(x,t) = W_1(t)\cos\frac{\pi}{L}x, \tag{7}$$

где $u_1(t), u_2(t)$,$W_1(t)$–подлежащие определению функции времени. Возможные перемещения системы в произвольный момент времени

$$\delta u(x,t) = \delta u_1(t)x + \delta u_2(t)\sin\frac{2\pi}{L}x, \quad \delta w(x,t) = \delta W_1(t)\cos\frac{\pi}{L}x, \quad (8)$$

где вариации δu_1, δu_2, δW_1–независимы.

Подстановка (7), (8) в (5) и далее (4) приводит к вариационному уравнению относительно функций времени u_1, u_2, w_1. Прировняв коэффициенты при независимых вариациях δu_1, δu_2, δw_1 получим систему трех интегральных уравнений относительно искомых функций u_1, u_2, w_1. Исключив из этой системы u_1, u_2, получим, опуская выкладки, интегральное уравнение относительно :

$$w_1(t) - \xi(t)\int_0^t R(t-\tau)w_1(\tau)d\tau = f(t), \quad (9)$$

где

$$\xi(t) = \left(\frac{\pi^4 h^2}{12L^3} + \frac{9\pi^2 - 88\nu^2}{9\pi^2}\frac{L}{r^2}\right) / \left(\frac{\pi^2 r(1-\nu^2)}{2Lh}\frac{q(t)}{E} + \frac{\pi^4 h^2}{12L^2} + \frac{9\pi^2 - 88\nu^2}{9\pi^2}\frac{L}{r^2}\right),$$

$$f(t) = \left(\frac{4(1-\nu^2)}{\pi}\frac{L}{h}\right)q(t) / \left(\frac{\pi^2 r(1-\nu^2)}{2Lh}\frac{q(t)}{E} + \frac{\pi^4 h^2}{12L^2} + \frac{9\pi^2 - 88\nu^2}{9\pi^2}\frac{L}{r^2}\right)E.$$

Приближенное решение уравнения (9) в интервале $0 \le t \le 1$ предлагается искать в виде ломанной

$$w(t) = \sum_{n=1}^{N} A_n(t-t_n)V(t-t_n), \quad t_{n-1} \langle t_n, \quad (10)$$

где $V(t-t_n)$ –единичная функция Хэвисайда, A_n- искомые константы, t_n -внутренние точки интервала.

После подстановка (10) в (9) получим приближенные равенство

$$\sum_{n=1}^{N} A_n \Psi_n(t) \approx f(t), \qquad (11)$$

где

$$\Psi_n(t) = \left[(t-t_n) - \xi(t) \int_{t_k}^{t} R(t-\tau)\tau d\tau \right] V(t-t_n),$$

Для определения коэффициентов A_k потребует точного выполнения равенства (11) в N точных t_n, каждая из которых находится внутри или на границах подинтервала $[t_n, t_{n+1}]$. Указанное требование приводит к алгебраической системе относительно A_n :

$$\sum_{n=1}^{N} A_n \Psi_n(\bar{t}_i) \approx f(\bar{t}_i), \; i = 1,2,......N. \qquad (12)$$

Система (12) имеет треугольную матрицу, так как согласно (11) $\Psi_k(\bar{t}_k) = 0$ при $n \rangle i$.

Погрешностью приближенного решения (10) оценивается формулой [2]

$$|w_1(t) - \tilde{w}(t)| = D\left[1 + \int_0^t K(\tau)d\tau\right], \; D = \sup_{0\le t\le 1}\left| f(t) - \sum_{n=1}^{N} A_n \Psi_n(t)\right|,$$

где $K(\tau)$ - резольвента ядра $\sup\limits_{0\le t\le 1}|\xi(t)| R(t-\tau)$.

Приводили численный пример

$$h = 1, r = 10, \; L = 10, \; \nu = 0.5, \; E = 10^5,$$
$$A = 0.0536, \; \beta = 0.05, \; \alpha = 0.1, \; q = 100\, t$$

При вычислении функции были использованы ядер релаксации [7]

$$R(t-\tau) = \frac{Ae^{-\beta(t-\tau)}}{(t-\tau)^{1-\alpha}}. \quad (13)$$

Приближенное решение (10) получено , для $N = 3$.

Погрешность приближенного решения не превышает 4 % от его максимального значения. При вычислении функции были использованы таблицы [3] $R(t) = Ae^{\alpha-1}\exp(-\beta t)$, их резольвент и интегралов при этом учитывалось тождество

$$\int_0^t R(t-\tau)\tau d\tau = \int_{t_k}^{t} \frac{Ae^{-\beta(t-\tau)}}{(t-\tau)^{\alpha-1}} d\tau = t\int_0^t R(\tau)d\tau + \frac{t}{\beta}R(t) - \frac{\alpha}{\beta}\int_0^t R(\tau)d\tau.$$

: 2582-4686 SJIF 2021-3.261,SJIF 2022-2.889, 2024-
5 ResearchBib IF: 8.848 / 2024

THE MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

VOLUME-4, ISSUE-8

Для описания поведения нестабильных материалов , свойства которых не подчиняются принципу температурно-временной аналогии, предлагается сингулярное не разностное ядро релаксации вида

$$R(t,\tau)=\frac{A(\tau)e^{-(f(t)-f(\tau))}}{(t-\tau)^{1-\alpha}},\ f(t)=\int_0^t \beta(\tau)d\tau \quad . (14)$$

Ядро (14) является обобщением ядер (13) .

Выводы.

1.Для описания поведения вязкоупругих материалов с нестабильными свойствами, не подчиняющимся принципу температурно- временной аналогии, предложено неразностное сингулярное ядро наследственности.

2.Предложен метод приближенного решения интегрального уравнения Вольтера II рода с сингулярным неразностным ядром.

Литература.

1. Вольмир А.С. Гибкие пластины и оболочки. М., 1956.
2. Трояновский И.Е. Квазистатическое деформирование и установившиеся колебания вязкоупругих тел. Автореферат. Док.диссер. Москва, 1980, 37 с.

3.Сафаров И.И. Колебания и волны в диссипативно недородных средах и конструкциях .-Ташкент. Фан, 1992. -250с.

4. КолтуновМ.А. Ползучесть и релаксация. М.: Высшая школа, 1976.-277 с.

5.Колтунов М.А.Майборода В.П., Зубчанинов В.Г.Прочностные расчеты изделий из полимерных материалов.- М: Машиностроения, 1983.-239 с

6. Базаров М.Б. Сафаров И.И., Шокин Ю.М. Численное моделирование колебаний диссипативно–неоднородных и однородных механических систем. -Новосибирск, Сибирское отделение РАН, 1996. -189 с.

7.Сафаров И.И.,Ахмедов М.Ш., Болтаев З.И.Колебания и дифракция волн на цилиндрическом теле в вязкоупругой среде. LambertAcademicPublishing (Germany) . 2016. 262p.