

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
PIHII (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2020 Issue: 02 Volume: 82

Published: 29.02.2020 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Ismoil Ibragimovich Safarov

Institute of Chemistry and Technology
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor to department of Advanced Mathematics, Tashkent, Uzbekistan
safarov54@mail.ru

Nurillo Raximovich Kulmurov

Navoi State Mining Institute
Senior Lecturer to Department of Technology Engineering,
docent, Uzbekistan
nurillo.Kulmurov.64@mail.ru

Matlab Raxmatovich Ishmamatov

Navoi State Mining Institute
Senior Lecturer to Department of Technology Engineering,
docent, Uzbekistan
matkab1962@mail.ru

Shaxob Fayzievich Xalilov

Navoi State Mining Institute
Senior Lecturer to Department of Technology Engineering,
Uzbekistan

Baxtiyor Nuriddinov

Institute of Chemistry and Technology
Senior Lecturer to Department of Technology Engineering,
doktorant, Tashkent, Uzbekistan

STABILITY OF RIBBED VISCOELASTIC GEOMETRIC NONLINEAR CONIC SHELLS UNDER DYNAMIC LOADING

Abstract: In this article, an exact mathematical model for the deformation of a viscoelastic (or polymer) conical shell and algorithms for its study is developed. Nonlinear mathematical models for the deformation of ribbed conical shells under dynamic loaded are obtained. A study of the stress-strain state and stability of viscoelastic panels of conical shells and truncated closed and revealed some characteristic features.

Key words: conical shell, panel, dynamics, load, nonlinear, model, stability, viscoelasticity

Language: Russian

Citation: Safarov, I. I., Kulmurov, N. R., Ishmamatov, M. R., Xalilov, S. F., & Nuriddinov, B. (2020). Stability of ribbed viscoelastic geometric nonlinear conic shells under dynamic loading. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 02 (82), 355-361.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-02-82-58> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2020.02.82.58>

Scopus ASCC: 2210.

УСТОЙЧИВОСТЬ РЕБРИСТЫХ ВЯЗКОУПРУГИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ
КОНИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

Аннотация: В данной статье разработано точной математической модели деформирования вязкоупругой (или полимерной) конической оболочки и алгоритмов ее исследования. В получены нелинейные математические модели деформирования ребристых конических оболочек при динамических нагруженных. Проведено исследование напряженно-деформированного состояния и устойчивости вязкоупругих панелей конических оболочек и усеченных замкнутых и выявлены некоторые характерные особенности.

Ключевые слова: коническая оболочка, панель, динамика, нагрузка, нелинейный, модель, устойчивость, вязкоупругость, теория.

Введение

При решении задач устойчивости конических оболочек в линейной постановке часто применяется метод Эйлера [1,2]. Рассматриваемая задача сводится к отысканию действительных собственных значений [3]. Другой метод, основной использоваться для исследования оболочек, который позволяет перейти от уравнений устойчивости конических оболочек к соответствующим уравнениям для цилиндрических оболочек с кругового поперечного сечения. Во многих работах используется без моментная и полу безмоментная теория оболочек [4,5]. Также применяются приближенные методы для решения задачи нелинейных уравнений устойчивости [7,8]. Особую трудность вызывают задачи устойчивости подкрепленных конических оболочек в геометрически нелинейной постановке с учетом

реологических свойств материала, решения для которых практически отсутствуют. Статья посвящена частично решению этих проблем. В статье получены нелинейные математические модели деформирования ребристых вязкоупругих конических оболочек при динамических нагруженные.

Постановка задачи и методики решения.

Рассмотрим замкнутую круговую коническую оболочку с углом конусности Θ толщиной h (рисунок 1). Срединная поверхность оболочки принимается за координатную поверхность.

Оси X, Y ортогональной системы координат, направленных по линиям главных кривизн, показаны на рис. 1, ось Z направлена ортогонально срединной поверхности в сторону вогнутости.

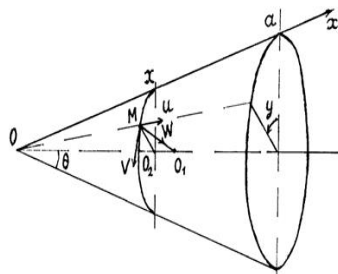


Рис. 1. Расчетная схема конической оболочки.

Срединная поверхность оболочки принимается за координатную поверхность. Оси X, Y ортогональной системы координат, направленных по линиям главных кривизн, показаны на рисунок 1, ось Z направлена ортогонально срединной поверхности в сторону вогнутости.

Для конической оболочки параметры Ляме приведены в работе [9], принимают следующий вид $A=1, B=x \sin \Theta$, а кривизны

$$k_x = 0, k_y = \frac{\text{ctg} \Theta}{x}$$

Деформации в координатной поверхности оболочки выражаются через перемещения U, V, W вдоль осей X, Y, Z соответственно следующим образом

$$\varepsilon_x = \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial W}{\partial x} \right)^2; \quad (1)$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{U}{x} - \frac{\text{ctg} \theta}{x} W + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\text{ctg} \theta}{x} V \right)^2;$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial U}{\partial y} - \frac{V}{x} + \frac{\partial W}{\partial x} \cdot \left(\frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\text{ctg} \theta}{x} V \right).$$

Деформации в слое, отстоящем на Z от координатной поверхности при учете поперечных сдвигов имеют вид

$$(U^z = U + z \cdot \psi_x, V^z = V + z \psi_y, W^z = W)$$

$$\varepsilon_x^z = \varepsilon_x + z \cdot \chi_1; \varepsilon_y^z = \varepsilon_y + z \cdot \chi_2; \gamma_{xy}^z = \gamma_{xy} + 2 \cdot z \cdot \chi_{12} \quad (2)$$

и кроме того

$$\gamma_{xz} = k f(z) \cdot \left(\psi_x + \frac{\partial W}{\partial x} \right); \quad (3)$$

$$\gamma_{yz} = k f(z) \cdot \left(\psi_y + \frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial W}{\partial y} + \text{ctg} \theta \frac{V}{x} \right).$$

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.716
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

Здесь ψ_x, ψ_y - углы поворота отрезка нормали у координатной поверхности в сечениях XOZ и YOZ соответственно; $f(z)$ - функция, описывающие распределение τ_{xz} и τ_{yz} касательных напряжений;

$$k = \text{const.}$$

Функции, характеризующие изменения кривизну χ_1, χ_2 и кручения χ_{12} имеет вид [2]

$$\chi_1 = \frac{\partial \psi_x}{\partial x}; \quad \chi_2 = \frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial \psi_y}{\partial y} + \frac{\psi_x}{x};$$

$$2\chi_{12} = \frac{\partial \psi_y}{\partial x} + \frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial \psi_x}{\partial y} - \frac{\psi_y}{x}.$$

Физические соотношения для изотропного вязкоупругого тела принимают вид [9]

$$\sigma_x = \frac{\tilde{E}}{1-\mu^2} (\varepsilon_x^z + \mu \varepsilon_y^z); \quad \sigma_y = \frac{\tilde{E}}{1-\mu^2} (\varepsilon_y^z + \mu \varepsilon_x^z);$$

$$\tau_{xy} = \frac{\tilde{E}}{2(1+\mu)} \gamma_{xy}^z; \quad \tau_{xz} = \frac{\tilde{E}}{2(1+\mu)} \gamma_{xz}; \quad \tau_{yz} = \frac{\tilde{E}}{2(1+\mu)} \gamma_{yz}.$$
 (4)

Здесь μ - коэффициент Пуассона материала оболочки, считается постоянными; \tilde{E}_k операторные модули упругости

$$\tilde{E}_k f(t) = E_{0k} \left[f(t) - \int_0^t R_{Ek}(t-\tau) f(\tau) d\tau \right] \quad (5)$$

E_{0k} - мгновенный модуль упругости Юнга; $f(t)$ - непрерывная функция; $R_{Ek}(t-\tau)$ - ядро релаксации. Предполагается, что интегралке члени (5) малыми, тогда для функции $f(t)$ существуют функция $f(t) = \varphi(t) e^{-i\omega_R t}$. Тогда интегральные член заменяется следдующими выражениями

$$\tilde{E}_k \varphi = E_{0k} [1 - \Gamma^C(\omega_R) - i \Gamma^S(\omega_R)] \varphi,$$

где

$$\Gamma^C(\omega_R) = \int_0^\infty R(\tau) \cos \omega_R \tau d\tau, \quad \Gamma^S(\omega_R) = \int_0^\infty R(\tau) \sin \omega_R \tau d\tau$$

ответственно косинус и синус преобразования

Фурье, ω_R - действительная величина. При вычислении используется трёхпараметрическое ядро Колтунова-Рижаница $R_k(t) = A_k e^{-\beta_k t} / t^{1-\alpha_k}$ [9]. Физически соотношения при учете ползучести материала (5) на основе линейной теории наследственности ползучести принимает вид [10]

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\mu^2} \left[\varepsilon_x^2 + \mu \varepsilon_y^2 - \int_{t_0}^t (\varepsilon_x^2 + \mu \varepsilon_y^2) R_1(t,s) ds \right];$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\mu^2} \left[\varepsilon_y^2 + \mu \varepsilon_x^2 - \int_{t_0}^t (\varepsilon_y^2 + \mu \varepsilon_x^2) R_1(t,s) ds \right];$$

$$\tau_{xy} = \frac{E}{2(1+\mu)} \left[\gamma_{xy}^2 - \int_{t_0}^t \gamma_{xy}^2 R_2(t,s) ds \right];$$

$$\tau_{xz} = \frac{E}{2(1+\mu)} \left[\gamma_{xz} - \int_{t_0}^t \gamma_{xz} R_2(t,s) ds \right];$$

$$\tau_{yz} = \frac{E}{2(1+\mu)} \left[\gamma_{yz} - \int_{t_0}^t \gamma_{yz} R_2(t,s) ds \right];$$

Здесь $R_1(t,s), R_2(t,s)$ - функция влияния (ядра релакции Колтунова - Рижаница). Месторасположение и высоту ребер задается функцией

$$H(x, y) = \sum_{j=1}^m h^j \bar{\delta}(x - x_j) + \sum_{i=1}^n h^i \bar{\delta}(y - y_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m h^{ij} \bar{\delta}(x - x_j) \bar{\delta}(y - y_i) \quad (6)$$

Интегрируя напряжения (4) по z в пределах от $-\frac{h}{2}$ до $\frac{h}{2} + H$, получим усилия, моменты и

поперечные силы, приведенные к срединной поверхности оболочки, для единицу длины срединной поверхности,

$$N_x = G_1 \left[(h + \bar{F}) \cdot \varepsilon_1 + \bar{S} \psi_1 \right];$$

$$N_y = G_2 \left[(h + \bar{F}) \cdot \varepsilon_2 + \bar{S} \psi_2 \right];$$

$$N_{xy} = G_{12} \left[(h + \bar{F}) \gamma_{xy} + \bar{S} \psi_{12} \right];$$

$$M_x = G_1 \left[\bar{S} \varepsilon_1 + \left(\frac{h^3}{12} + \bar{J} \right) \psi_1 \right];$$

$$M_y = G_2 \left[\bar{S} \varepsilon_2 + \left(\frac{h^3}{12} + \bar{J} \right) \psi_2 \right];$$

$$M_{xy} = G_{12} \left[\bar{S} \gamma_{xy} + \left(\frac{h^3}{12} + \bar{J} \right) \psi_{12} \right];$$

$$Q_x = k G_{13} (h + \bar{F}) \cdot \left(\psi_x + \frac{\partial W}{\partial x} \right);$$

$$Q_y = k G_{23} (h + \bar{F}) \cdot \left(\psi_y + \frac{1}{x \sin \theta} \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\text{ctg} \theta}{x} V \right);$$
 (7)

где

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + \mu \varepsilon_y, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_y + \mu \varepsilon_x,$$

$$\psi_1 = \chi_1 + \mu \chi_2, \quad \psi_2 = \chi_2 + \mu \chi_1,$$

$$\psi_{12} = 2\chi_{12}, \quad G_1 = G_2 = \frac{\tilde{E}}{1-\mu^2}, \quad G_{12} = G_{13} = G_{23} = \frac{\tilde{E}}{2(1+\mu)};$$

$\bar{F}, \bar{S}, \bar{J}$ — площадь (поперечного или продольного) сечения ребер, приходящаяся на единицу длины срединной поверхности. Статический момент и момент инерции срединной поверхности оболочки имеет вид

$$\bar{F} = \int_{h/2}^{h/2+H} dz; \quad \bar{S} = \int_{h/2}^{h/2+H} z dz; \quad \bar{J} = \int_{h/2}^{h/2+H} z^2 dz.$$

Пусть на оболочку действует поперечная динамическая нагрузка $q(x, y, t)$. Тогда неизвестные искомые функции смещений U, V, W и углов поворота нормали ψ_x, ψ_y

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.716
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

является функциями следующих переменных x , y и t .

Функционал полной энергии деформации вязкоупругой оболочки имеет вид

$$J = \int_{t_0}^{t_1} (K - \Pi + A) dt \quad (8)$$

Здесь K - кинетическая энергия системы, Π - потенциальная энергия системы, A - работа внешних сил, где

$$K = \frac{\rho}{2} \int_{a_1}^a \int_{-b/2}^{b/2} \int_0^H \left[(\dot{U}^z)^2 + (\dot{V}^z)^2 + (\dot{W}^z)^2 \right] x \sin \theta dx dy dz =$$

$$= \frac{\rho}{2} \int_{a_1}^a \int_0^b \left[(h + \bar{F})(\dot{U}^2 + \dot{V}^2 + \dot{W}^2) + 2\bar{S}(\dot{U}\dot{\psi}_x + \dot{V}\dot{\psi}_y) + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{h^3}{12} + \bar{J} \right) (\dot{\psi}_x^2 + \dot{\psi}_y^2) \right] x \sin \theta dx dy; \quad (9)$$

$$\Theta = \Pi - A = \frac{1}{2} \int_{a_1}^a \int_0^b \left[N_x \varepsilon_x + N_y \varepsilon_y + N_{xy} \gamma_{xy} + M_x \chi_1 + \right.$$

$$\left. + M_y \chi_2 + 2M_{xy} \chi_{12} + Q_x \left(\psi_x + \frac{\partial W}{\partial x} \right) + \right.$$

$$\left. + Q_y \left(\psi_y + \frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\text{ctg} \theta}{x} V \right) - 2qW \right] x \sin \theta dx dy; \quad (10)$$

В выше приведённых формулах ρ - плотность материала оболочки; в выражениях (9) и (10) точками обозначены производные по переменной t ; $b = 2\pi$ - конической оболочки. Энергия можно выразить через деформации, тогда выражение (10) представляется следующим виде; В выше приведённых формулах ρ - плотность материала оболочки; в выражениях (9) и (10) точками обозначены производные по переменной

$$\Theta = \int_{a_1}^a \int_0^b \left[(1 + \bar{F}) \left(\bar{\varepsilon}^2 + \lambda^4 \bar{\varepsilon}_y^2 + 2\mu \lambda^2 \bar{\varepsilon}_x \bar{\varepsilon}_y + \mu_1 \lambda^2 \bar{\gamma}_{xy}^2 + \frac{5}{6} \mu_1 \bar{a}^2 \cdot \left(\bar{\psi}_x + \frac{\partial \bar{W}}{\partial \xi} \right)^2 + \right. \right.$$

$$\left. + \frac{5}{6} \mu_1 \lambda^2 \bar{a}^2 \cdot \left(\bar{\psi}_y + \frac{\partial \bar{W}}{\partial \eta} + \frac{c_3}{\xi} \bar{V} \right)^2 \right] + 2\bar{S} (\bar{\chi}_1 \bar{\varepsilon}_x + \lambda^4 \bar{\chi}_2 \bar{\varepsilon}_y + \mu \lambda^2 \bar{\chi}_2 \bar{\varepsilon}_x + \mu \lambda^2 \bar{\chi}_1 \bar{\varepsilon}_y +$$

$$2\mu_1 \lambda^2 \bar{\gamma}_{xy} \bar{\chi}_{12}) + \left(\frac{1}{12} + \bar{J} \right) \cdot (\bar{\chi}_1^2 + \lambda^4 \bar{\chi}_2^2 + 2\mu \lambda^2 \bar{\chi}_1 \bar{\chi}_2 + 4\mu_1 \lambda^2 \bar{\chi}_{12}^2) -$$

$$- 2(1 - \mu^2) \bar{P} \bar{W} \Big] \xi d\xi d\eta. \quad (14)$$

Получена нелинейная зависимости деформирования вязкоупругой оболочки без учета поперечных сдвигов, а также выведены уравнения в смешанной форме [10-12].

В частные случаи получено нелинейное выражение энергии деформирования ребристой вязкоупругой конической оболочки при статических нагруженных.

Таким образом, получено математическая формула основные выражения вязкоупругих конических оболочек ступенчато-переменной толщины при статических, квазистатических и

t ; $b = 2\pi$ - конической оболочки. Энергия можно выразить через деформации, тогда выражение (10) представляется следующим виде;

$$\Theta = \frac{E}{2(1 - \mu^2)} \int_{a_1}^a \int_0^b \left[(h + \bar{F}) \left(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + 2\mu \varepsilon_x \varepsilon_y + \mu_1 \gamma_{xy}^2 + \frac{5}{6} \mu_1 \left(\psi_x + \frac{\partial W}{\partial x} \right)^2 + \right. \right.$$

$$\left. + \frac{5}{6} \mu_1 \left(\psi_y + \frac{1}{x \sin \theta} \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\text{ctg} \theta}{x} V \right)^2 \right] + 2\bar{S} (\chi_1 \varepsilon_x + \chi_2 \varepsilon_y + \mu \chi_2 \varepsilon_x + \mu \chi_1 \varepsilon_y + 2\mu \gamma_{xy} \chi_{12}) +$$

$$+ \left(\frac{h^3}{12} + \bar{J} \right) (\chi_1^2 + \chi_2^2 + 2\mu \chi_1 \chi_2 + 4\mu_1 \chi_{12}^2) - 2(1 - \mu^2) \frac{q}{E} W \Big] x \sin \theta dx dy, \quad (11)$$

где

$$\mu_1 = \frac{1 - \mu}{2}.$$

Если коническая вязкоупругая оболочка замкнута, тогда $a_1 = 0$. В статье рассмотрена подкрепления коническая оболочки узкими ребрами. Рассматриваемая задача решается в безразмерных параметрах. Тогда соотношение принимает следующий вид;

$$\xi = \frac{x}{a}, \quad \eta = \frac{y}{b}, \quad \lambda = \frac{a}{b x \sin \theta}, \quad \lambda = \frac{\lambda_1}{\xi}, \quad \bar{U} = \frac{aU}{h^2},$$

$$\bar{V} = \frac{b x \sin \theta V}{h^2}, \quad \bar{W} = \frac{W}{h}, \quad \bar{\psi}_x = \frac{a \psi_x}{h}, \quad \bar{\psi}_y = \frac{b x \sin \theta \psi_y}{h},$$

$$\bar{a} = \frac{a}{h}, \quad \bar{P} = \frac{a^4 P}{E h^4}, \quad \bar{i} = \frac{h}{a^2} \sqrt{\frac{E_0}{(1 - \mu^2) \rho}} t, \quad \bar{F} = \frac{\bar{F}}{h}, \quad \bar{J} = \frac{\bar{J}}{h^2}, \quad \bar{J} = \frac{\bar{J}}{h^3}, \quad (12)$$

получим

$$K = \frac{1}{a^2} \int_{a_1}^a \int_0^b \left[(1 + \bar{F}) (\bar{U}^2 + \lambda^2 \bar{V}^2 + \bar{a}^2 \bar{W}^2) + \right.$$

$$\left. 2\bar{S} (\bar{U} \bar{\psi}_x + \lambda^2 \bar{V} \bar{\psi}_y) + \left(\frac{1}{12} + \bar{J} \right) (\bar{\psi}_x^2 + \lambda^2 \bar{\psi}_y^2) \right] \xi d\xi d\eta. \quad (13)$$

динамических нагруженных. Который учитывают геометрическую нелинейность, дискретное введение вязкоупругих ребер, их сдвиговую и крутильную жёсткость, поперечные сдвиги и инерцию вращения.

Численные результаты и анализ.

Рассматриваются вязкоупругих панели конических оболочек, которые шарнирно неподвижно закрепленные по контуру. Коническая оболочка находится под действием равномерно распределенной поперечной нагрузкой и

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

подкрепленной ребрами высотой $4h$ и шириной $2h$. Параметры конической оболочки, изготовленной из стали, имеют следующие значения: угол конусности $\Theta = 0,003477$; размеры вдоль оси x

$a_1 = 15\text{ м}, a = 18\text{ м}$ (протяженность оболочки 10 метров); угол разворота оболочки $y_k = 1,57$ значение реологических параметров примем в виде $A = 0,048; \beta = 0,05; \alpha = 0,1$.

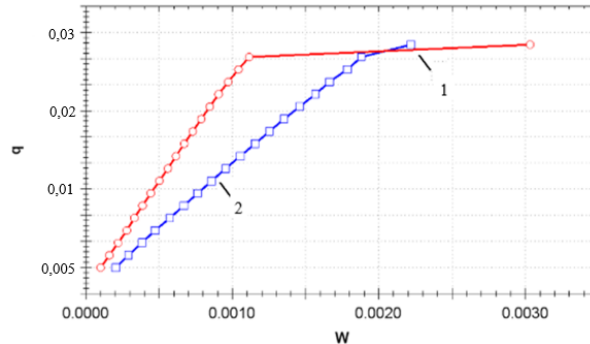


Рисунок 2. Зависимость прогиба от нагрузки ($y_k = 1,57$): 1-вязкоупругая оболочка, 2- четырёх ребрная оболочка

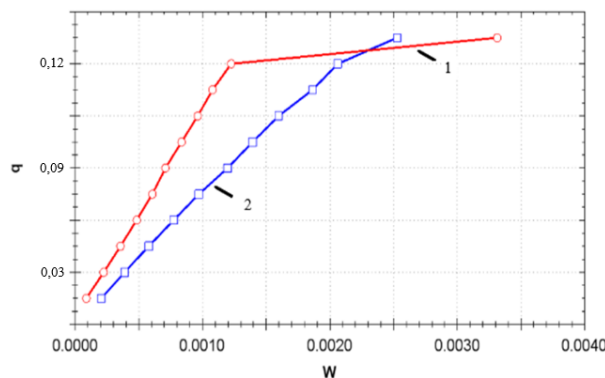


Рисунок 3. Зависимость прогиба от нагрузки ($y_k = 1,80$): 1-вязкоупругая оболочка, 2- четырёх рёберная оболочка.

На рис. 2 представлены графики «нагрузка q -прогиб W » для вязкоупругой оболочки без ребра и подкрепленных четырёх ребра по каждый направление по две ребра ($y_k = 1,57$).

На рис. 3 представлены графики «нагрузка q -прогиб W » для вязкоупругой оболочки 4 ребрами по два в каждом направлении ($y_k = 1,80$).

Как видно из рис.3 подкрепление оболочки четырьём ребрами позволяет, увеличит критическую нагрузку. Также с увеличением угла разворота, жесткость вязкоупругой оболочке увеличивается, и критическая нагрузка возрастают. Для стальной оболочки протяженностью 10м при толщине 1 см критические нагрузки получились высокими. Для оболочки из оргстекла критическая нагрузка для вязкоупругой оболочки с углом разворота $y_k = \pi$ составит $q_k = 0,5 \cdot 10^{-2}$ МПа, а с углом разворота $y_k = 1,57$, $q_{kp} = 0,12 \cdot 10^{-2}$ МПа,

значение реологических параметров примем в виде $A = 0,048; \beta = 0,05; \alpha = 0,1$.

Также исследуется устойчивость ребристых вязкоупругих панелей конических оболочек при динамических нагружения. Безразмерная нагрузка берется в виде $\bar{P} = A \cdot \bar{t}$, где A характеризует скорость нагружения. Для анализа достоверности получаемых результатов был проведен расчет вязкоупругих панели конической оболочки, отстоящей от вершины на большое расстояние. Результаты, критические нагрузки, сравнивается результатами работ других исследователей. На рис. 4 представлены графики «нагрузка \bar{P} - прогиб \bar{W} » в центре панели конической оболочки с параметрами $a_1 = 20$ м; $a = 30$ м; $h = 0,01$ м; $y_k = 1,57$; $\Theta = 0,5235$; значение реологических параметров примем в виде $A = 0,048; \beta = 0,05; \alpha = 0,1$.

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

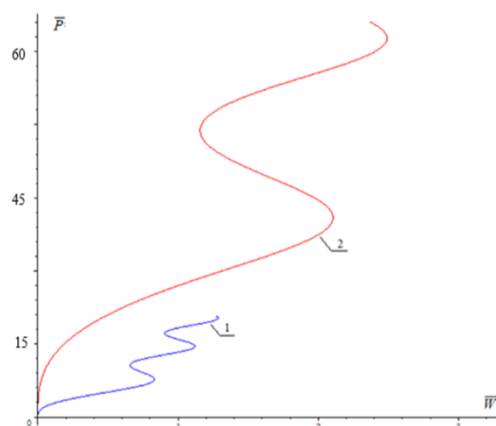


Рис. 4. Зависимость нагрузка \bar{P} и прогиб \bar{W} в центре панели конической оболочки: Кривая 1 - $A=10$, 2- $A=100$.

Исследования устойчивости ребристых вязкоупругих панелей конических оболочек при динамических нагруженных показали, что с увеличением скорости нагруженные критические нагрузки существенно возрастают, а время наступления потери устойчивости сокращается. При подкреплении оболочки критические нагрузки так же существенно возрастают. Учет реологических свойств материала позволит увеличить критические значения оболочки до 6-8%

Выводы.

1. Разработаны алгоритмы решения нелинейных задач для ребристых вязкоупругих конических оболочек при статическом и динамическом нагружении. Для решение динамических задач применяется метода Л. В.

Канторовича, метод замораживания и метода Рунге-Кутты 4-го порядка точности.

2. Выявлены особенности деформирования вязкоупругой панелей ребристых конических оболочек, что наибольшие напряжения и перемещения достигается к более широкой части оболочки. Для слабо конических вязкоупругих оболочек наибольшие напряжения достигается в областях близких к угловым точкам оболочек.

3. Исследована устойчивость вязкоупругой ребристых конических оболочек при различной жесткости и показано, что при увеличении угла разворота панели оболочек ее жесткость и критические нагрузки увеличиваются. Наличие ребер способствует существенно увеличение критические нагрузки.

References:

1. Novojilov, V. V. (1962). *Teoriya tonkix obolochek*. (p.431). L.: Sudpromizdat. Arch. Mech.
2. Volmir, A.S. (1972). *Neylineynaya dinamika plastinok i obolochek*. (p.432). M.: Nauka, Arch. Mech.
3. Rjanistin, A. R. (1990). *Stroitel'naya mexanika*. (p.400). M.: Visshaya shkola. Arch. Mech.
4. Grigorenko, Ya. M., Kryukov, N. N., & Axalaya, T. G. (1981). Termonapryajennoe sostoyanie gibkix kruglix plastin peremennoy tolshini. *Prikladnaya mexanika Appl. Math. and Mech.* 1(17), pp. 84-88.
5. Amiro, I. Ya., & Zarustkiy, V. A. (1980). *Neylineynye zadachi podkreplennix obolochek*. (p.368). Kiev: Nauk. Dumka, Arch. Mech.
6. Jiuncheng, Wu., & Lizhou, Pan. (1997). Nonlinear theory of multilayer Sandwich Shells and its application. *1-General theory. Appl. Math. and Mech.* 1(18), pp.19-27.
7. Makowski, J., Pietraszkiewicz, W., & Stumpf, H. (1998). On the general form of jump conditions for thin irregular shells. *Arch. Mech.* 3(5), pp.483-495.
8. Safarov, I. I., Teshayev, M. Kh., & Boltaev, Z. I. (2018). Own Vibrations of Bodies Interacting with Unlimited Deformable Environment. *Open Access Library Journal*, 5, pp. 1-22.

Impact Factor:

ISRA (India)	= 4.971	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	PIHHI (Russia)	= 0.126	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.716	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 5.667	OAJI (USA)	= 0.350

9. Safarov, I. I., Teshaev, M. Kh., & Akhmedov, M.S. (2018). Free Oscillations of a Toroidal Viscoelastic Shell with a Flowing Liquid. *American Journal of Mechanics and Applications*, 6(2), pp. 37-49.
10. Safarov, I. I., & Boltaev, Z. I. (2018). Propagation of Natural Waves on Plates of a Variable Cross Section. *Open Access Library Journal*, 5, pp. 1-29.
11. Gorbunov-Posadov, M. I., & Malikova, T. A. (1973). *Calculation of structures on an elastic basis*. Moscow: Stroyizdat.
12. Pasternak, P. L. (1954). *Fundamentals of a new method for calculating foundations on an elastic base using two bed coefficients*. Moscow: Gosstroyizdat.