



Leibniz-Zentrum für
Agrarlandschaftsforschung
(ZALF) e.V.



INTI
International
University & Colleges

**HERIOT
WATT**
UNIVERSITY
UK | DUBAI | MALAYSIA

**BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI (BUXORO TABIIY
RESURSLARNI BOSHQARISH INSTITUTI) (O‘ZBEKISTON),**

**BIRLASHGAN MILLATLAR TASHKILOTINING
“QISHLOQ XO‘JALIGI VA OZIQ OVQAT” TASHKILOTI (FAO),**

GUMBOLT NOMIDAGI BERLIN UNIVERSITETI (GERMANIYA),

PRESOV UNIVERSITETI (SLOVAKIYA),

VALENSIYA POLITEXNIKA UNIVERSITETI (ISPANIYA),

**ZALF AGROTEXNOLOGIYALAR ILMIY TADQIQOT MARKAZI
(GERMANIYA),**

INTI XALQARO UNIVERSITETI (MALAYZIYA),

HERRIOT WATT UNIVERSITETI (MALAYZIYA)

**“YASHIL ENERGETIKA VA UNING QISHLOQ VA SUV XO‘JALIGIDAGI
O‘RNI” MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY VA ILMIY-TEXNIKAVIY
ANJUMANI**

MATERIALLAR TO‘PLAMI

29-30-aprel, 2025-yil

ISSN: 978-9910-10-082-6
UO‘K 556.182:551.5(08)
BBK 26.222+26.236
«DURDONA» Nashriyoti

“Yashil energetika va uning qishloq va suv xo‘jaligidagi o‘rni” mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy-texnikaviy anjumani materiallar to‘plami (2025-yil 29-30-aprel) -B.: Buxoro davlat texnika universiteti (Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti), 2025.

TAHRIR HAY’ATI RAISI:
Imomov Shavkat Jaxonovich –“TIQXMMI” MTU Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti rektori, texnika fanlari doktori, professor.
BOSH MUHARRIR:
Jo‘rayev Fazliddin O‘rinovich –“TIQXMMI” MTU Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo‘yicha prorektori, texnika fanlari doktori, professor.
MUHARRIR:
Axmedov Sharifboy Ro‘ziyevich –“TIQXMMI” MTU Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti “GTI va NS” kafedrasini mudiri, texnika fanlari nomzodi, professor v.b.
TAHRIRIYAT HAY’ATI A’ZOLARI:
Ibragimov Ilhom Ahrorovich -texnika fanlari doktori, dotsent
Jo‘rayev Umid Anvarovich -qishloq xo‘jaligi fanlari doktori, professor.
Rajabov Yarash Jabborovich -texnika fanlari falsafa doktori, dotsent.
Laamarti Yuliya Aleksandrovna - sotsiologiya fanlari nomzodi, dotsent
Marasulov Abdirahim Mustafoevich - texnika fanlari doktori, professor.
Teshayev Muxsin Xudoyberdiyevich -fizika-matematika fanlari doktori, professor
Boltayev Zafar Ixtiyorovich - fizika-matematika fanlari doktori, professor
To‘xtayeva Habiba Toshevna -geografiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), v.b., professor.
Safarov Tolib Tojiyevich -tarix fanlari nomzodi, dotsent.
Boltayev San‘at Axmedovich -texnika fanlari nomzodi, dotsent.
Jamolov Farxod Norkulovich - texnika fanlari falsafa doktori, dotsent.
Barnayeva Muniraxon Abduraufovna - texnika fanlari falsafa doktori, dotsent.

To‘plamga kiritilgan tezislardagi ma’lumotlarning haqqoniyligi va iqtiboslarning tog‘riligiga mualliflar mas’uldir.

© Buxoro davlat texnika universiteti (Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti).
© Mualliflar
Elektron pochta manzili: buxtimi@mail.ru

8. Safarov I.I. Oscillations and waves dissipative heterogeneous media and structures-Toshkent. Fan. 1992-250 s.
9. Shemyak E.I. The seismic effect of an underground explosion // Mountain Journal.-2003.-No. 1. p.11-15.
11. Рашидов Т.Р. Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений.-Ташкент. Фан .1973.-182с.
12. Бозоров М.Б., Сафаров И.И., Шокин Ю.И. Численное моделирование колебаний диссипативно однородных и неоднородных механических систем. СО РАН, Новосибирск, 1966.- 188с.
13. Рашидов Т.Р., Хожиметов Г.Х., Мардонов Б.М. Колебания сооружений, взаимодействующих с грунтом. –Ташкент. Фан. 1975.-174с.
14. О.Я. Шехтер. Об учете инерционных свойства грунта при расчете вертикальных вынужденных колебаний массивных фундаментов//НИИ Симн.12, Вибрации оснований и фундаментов, Москва, 1948.
15. G.N. Bycroft. Forced Vibrations of rigid circular plate on a semi infinite elasticspace and on an elastic stratum// Phil. Trans. Roy. Soc. London, Sen.A, 248, 1956, 327-368.
16. Жўраев Т.О., Курбонов А.М. ON THE CONSTRUCTION WITH BASE UNDER DYNAMIC LOADS. BtrIGtrmany JMEST.30.04.2015.1287-1288 с.
17. Жўраев Т.О., Сапоев А.Р., Уралов Р.Н. «Методы решения задачи воздействия упругих волн на тела различных очертаний, находящихся в деформируемой среде». The Way ofscienct. International scientific jurnal № 11(57), 2018, Vol 24 с.
18. Дускараев Н.А., Жўраев Т.О., Дускараев А.Н. «О воздействии нормальной нагрузки на полскость». The Way ofscienct. International scientific jurnal № 12 (58), 2018, Vol. I. 8-10 с.
19. Дускараев Н.А., Жўраев Т.О., Дускараев А.Н., Абдуллоева Г.А. «Определение давления грунта на трубе методом конечных элементов». The Way ofscienct. International scientific jurnal №12(58), 2018, Vol.I.10-12 с.
20. Дускараев Н.А., Жўраев Т.О. «Воздействия упругих волн на деформируемую среду». SUV va YER resurslari № 1 (1) 2019 26-31 с.

СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ РЕБРИСТОЙ УСЕЧЕННОЙ КОНИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

*З.И.Болтаев, Г. Т. Мирзоева, М.Рузиева, С. Собиров, Н.Ш.Эргашева
Бухарский государственный технический университет*

Аннотация. В работе рассматриваются собственные колебания ребристых усеченных оболочек, которые шарнирно опираются по кромкам. Уравнения колебаний ребристых конических оболочек получены на основе вариационного уравнения Лагранжа. Общие уравнения свободных колебаний оболочки построены с учетом геометрической нелинейности рассматриваемой механической системы. Вязкоупругие свойства материалов описываются с помощью наследственного интеграла Больцмана- Вольтера. Для существования нетривиального решения основной определитель системы алгебраических уравнений с комплексными коэффициентами должен быть равен нулю. Для решение поставленной задачи применяется 8-узловые изопараметрические криволинейные конечные элементы в сочетании с методом Мюллера. Геометрия конечного элемента представляет искривленный параллелепипед в трехмерном пространстве с линейчатой поверхностью по толщине. Комплексные корни частотного уравнения определяются методом Мюллера, на каждой итерации метода Мюллера применяется метод Гаусса с выделением главного элемента. На основе численных результатов установлено, что с увеличением числа ребер соответственно реальные и мнимые части собственных частот увеличиваются. Также учет реологических параметров материала позволяет увеличить частотные значения оболочки до 10%.

Ключевые слова: усеченная коническая оболочка, энергия, метод конечных элементов, декремент затухания, колебания, вязко упругость, частота.

Введение. Круговые конические оболочки, как элементы конструкций, нашли широкое применение в различных областях машиностроения. Большой практический интерес представляет изучение и устранение резонансных явлений в оболочках. Исследованию собственных колебаний круговых конусов посвящено значительное число теоретических и экспериментальных работ. Однако, до сих пор отсутствуют надежные решения, позволяющие определять параметры резонансов в широком диапазоне изменения физико-геометрических параметров. Имеются также работы, в которых теоретико-экспериментальным методом получены зависимости для определения резонансных частот [1] и форм колебаний усеченных конических панелей [2,3]. Другой метод в основном используется для исследования оболочек, которые позволяют перейти от уравнений устойчивости конических оболочек к соответствующим уравнениям для цилиндрических оболочек с круговым поперечным сечением. Во многих работах используется безмоментная и полу-безмоментная теории оболочек [4,5]. Также применяются приближенные методы для решения задач собственных колебаний [6,7]. Особую трудность вызывают задачи колебаний подкрепленных конических оболочек в геометрически нелинейной постановке с учетом реологических свойств материала, решения для которых практически отсутствуют.

Данная статья посвящена частичному решению этих проблем. Целью настоящей работы является получение формулы для нахождения частот и форм колебаний для круговых ребристых вязкоупругих конических оболочек при различных краевых условиях.

Методы. *Постановка задачи и основные соотношения*

В работе рассматриваются собственные колебания замкнутой круговой вязкоупругой конической оболочки с углом конусности θ , толщиной h (рис. 1) с ребрами l и n (соответственно по продольным и кольцевым направлениям). Для получения уравнений собственных колебаний используем принцип возможных перемещений Лагранжа, который учитывает граничные условия

$$\delta(K + \Pi - A) = 0 \quad ,$$

где K -кинетическая энергия оболочки и ребра, Π -потенциальная энергия оболочки и ребра, A -работа внешних сил.

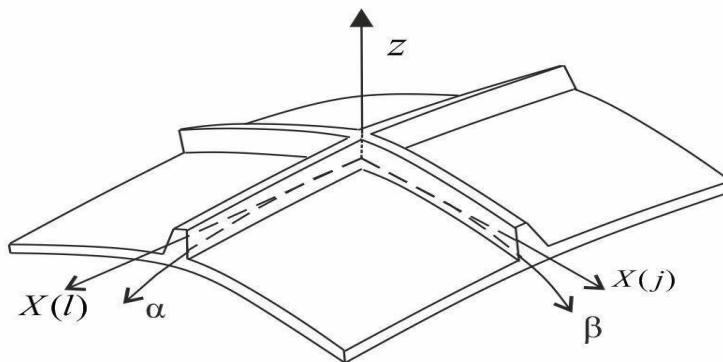


Рис. 1. *Элемент оболочки с подкрепленными ребрами.*

Срединная поверхность конической оболочки принимается за координатную поверхность α, β и рассматривается также декартова система координат. Оси декартовы X, Y ортогональной системы координат, направленные по линиям главных кривизн, показаны на рисунке 1, а ось Z направлена ортогонально срединной поверхности, в сторону вогнутости.

Параметры Ляме, для конической оболочки, приведены в работе [8], и имеют следующий вид $A=1$, $B = x \sin \gamma$, а кривизны- $k_x = 0$, $k_y = \frac{\operatorname{ctg} \gamma}{x}$. Деформации в координатной поверхности оболочки выражаются через перемещения U, V, W вдоль осей X, Y, Z соответственно следующим образом:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\partial W}{\partial x} \right)^2; \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{U}{x} - \frac{\operatorname{ctg} \theta}{x} W + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\operatorname{ctg} \theta}{x} V \right)^2; \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial U}{\partial y} - \frac{V}{x} + \frac{\partial W}{\partial x} \cdot \left(\frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\operatorname{ctg} \theta}{x} V \right).\end{aligned}$$

Физические соотношения для изотропного вязкоупругого тела принимают вид:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{\tilde{E}}{1-\mu^2} (\varepsilon_x^z + \mu \varepsilon_y^z); \quad \sigma_y = \frac{\tilde{E}}{1-\mu^2} (\varepsilon_y^z + \mu \varepsilon_x^z); \\ \tau_{xy} &= \frac{\tilde{E}}{2(1+\mu)} \gamma_{xy}^z; \quad \tau_{xz} = \frac{\tilde{E}}{2(1+\mu)} \gamma_{xz}; \quad \tau_{yz} = \frac{\tilde{E}}{2(1+\mu)} \gamma_{yz}.\end{aligned}$$

Здесь μ - коэффициент Пуассона материала оболочки, который считается постоянным; $\tilde{E}_k$ - операторные модули упругости конической оболочки и ребра:

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

E_{0k} - мгновенный модуль упругости Юнга ($k=1,2,3...L$); $k=1$ - мгновенный модуль упругости оболочки, $k=2,3,L$ - мгновенные модули упругости ребер, $f(t)$ - непрерывная функция; $R_{E_k}(t-\tau)$ - ядро релаксации.

Предполагается, что интегральные члены в (2) малые. Тогда существует функция $f(t) = \varphi(t) e^{-i\omega_R t}$ и интегральные члены заменяются следующими выражениями:

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

где

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

соответственно косинус и синус преобразования Фурье, ω_R - действительная величина. При вычислениях используется трёхпараметрическое ядро Колтунова-Ржаницына: $R_k(t) = A_k e^{-\beta_k t} / t^{1-\alpha_k}$.

Место расположения и высота ребер задается функцией:

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

Функционал полной энергии деформации вязкоупругой оболочки имеет вид:

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

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

Рассмотрим подкрепленную коническую оболочку с узкими ребрами. Рассматриваемая задача решается в безразмерных параметрах. Тогда основные соотношения принимают следующий вид:

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

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

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

и получим следующие выражения для кинетической и потенциальной энергий:

$$\begin{aligned} \bar{K} = & \frac{1}{\bar{a}^2} \int_{\bar{a}_1}^1 \int_0^1 \left[(1 + \bar{F}) (\dot{\bar{U}}^2 + \lambda^2 \dot{\bar{V}}^2 + \bar{a}^2 \dot{\bar{W}}^2) + 2\bar{S} (\dot{\bar{U}} \dot{\bar{\psi}}_x + \lambda^2 \dot{\bar{V}} \dot{\bar{\psi}}_y) + \right. \\ & \left. + \left(\frac{1}{12} + \bar{J} \right) (\dot{\bar{\psi}}_x^2 + \lambda^2 \dot{\bar{\psi}}_y^2) \right] \xi d\xi d\eta, \\ \bar{\Theta} = & \int_{\bar{a}_1}^1 \int_0^1 \left[(1 + \bar{F}) \left(\bar{\varepsilon}^2 + \lambda^4 \bar{\varepsilon}_y^2 + 2\mu\lambda^2 \bar{\varepsilon}_x \bar{\varepsilon}_y + \mu_1 \lambda^2 \bar{\gamma}_{xy}^2 + \frac{5}{6} \mu_1 \bar{a}^2 \cdot \left(\bar{\psi}_x + \frac{\partial \bar{W}}{\partial \xi} \right)^2 + \right. \right. \\ & \left. + \frac{5}{6} \mu_1 \lambda^2 \bar{a}^2 \cdot \left(\bar{\psi}_y + \frac{\partial \bar{W}}{\partial \eta} + \frac{c_3}{\xi} \bar{V} \right)^2 \right) + 2\bar{S} (\bar{\chi}_1 \bar{\varepsilon}_x + \lambda^4 \bar{\chi}_2 \bar{\varepsilon}_y + \mu\lambda^2 \bar{\chi}_2 \bar{\varepsilon}_x + \mu\lambda^2 \bar{\chi}_1 \bar{\varepsilon}_y + \\ & 2\mu_1 \lambda^2 \bar{\gamma}_{xy} \bar{\chi}_{12}) + \left(\frac{1}{12} + \bar{J} \right) \cdot (\bar{\chi}_1^2 + \lambda^4 \bar{\chi}_2^2 + 2\mu\lambda^2 \bar{\chi}_1 \bar{\chi}_2 + 4\mu_1 \lambda^2 \bar{\chi}_{12}^2) - \\ & \left. - 2(1 - \mu^2) \bar{P} \bar{W} \right] \xi d\xi d\eta. \end{aligned}$$

Вариационное уравнение для тонкой вязкоупругой оболочки, подкрепленной ребрами l -го и j -го направления, получаются как вариация от суммы потенциальной и кинетической энергий с учетом условия сопряжения [2]:

$$\delta K + \sum_{l=1}^N \delta K_l + \sum_{j=1}^n \delta K_j + \delta \Theta + \sum_{l=1}^m \delta \Theta_l = 0, \quad N = n + m,$$

где $\Theta_l = \Pi_l - A_l$ - разность потенциалов внешних сил и работы, приложенных к ребрам. Данная сумма содержит в качестве слагаемых столько уравнений (8), сколько имеется ребер по соответствующим направлениям. Таким образом, применительно к рассматриваемой ребристой оболочке, принцип Лагранжа можно сформулировать так:

- действительные перемещения срединной поверхности оболочки U, V, W и ребер U_m, V_m, W_m ($m = k, j$), соответствующие данным граничным условиям и нагрузке, и переводящие оболочку из естественного положения в состояние упругого равновесия, отличаются от всех возможных перемещений тем, что сообщают рассматриваемой системе минимальное количество потенциальной энергии.

Методы решения. Для расчета динамических характеристик панели конических оболочек, учитывающие геометрические нелинейные члены (1)-(2), для тестовых примеров пренебрегаем и воспользуемся методом конечных элементов (МКЭ) в перемещениях. Рассмотрим 8-узловых изопараметрических криволинейных конечных элементов (КЭ), так называемый «вырожденный» элемент оболочки [15]. Элемент предназначен для расчёта оболочек средней и малой толщины с ребрами. Геометрия КЭ представляет искривленный параллелепипед в трехмерном пространстве с линейчатой поверхностью по толщине. Используются локальная ξ, η, ζ и глобальная декартова x, y, z системы координат. Координаты произвольной точки КЭ выражаются через координаты узловых точек $\bar{r}_i$ и компоненты вектора единичной нормали $\bar{n}_i$. Конечно-элементное представление уравнений равновесия системы конечных элементов в состоянии движения, с учетом (3), (4), (5) и (8) имеет вид [5]:

$$[M]\{\ddot{q}\} + [\bar{K}(\omega_R)]\{q\} + \{R\} = 0$$

где $[M] = \sum_{i,j=1}^n [m_{ij}]$ - матрица масс системы ($[m_{ij}] = \alpha_1 [m_{ij}]_a + \beta_1 [m_{ij}]_p$, $[m_{ij}]_a$ - элементы матрица масс панели конической оболочки, $[m_{ij}]_p$ - элементы матрица масс подкрепляющего стержня, α_1, β_1 определяются из сопоставления результатов вычисления с опытными данными), $[\bar{K}(\omega_R)]$ - матрица жесткости системы ($[K] = \sum_{i,j=1}^n [k_{ij}]$ - матрица жесткости панели конической оболочки и подкрепляющего стержня), $\{q\}$ - неизвестные узловые перемещения, $\{R\}$ - вектор внешних нагрузок. Матрица масс (9) является согласованной: структура матрицы масс $[M] = \sum_{i,j=1}^n [m_{ij}]$ полностью совпадает со структурой матрицы жёсткости. Обе матрицы ($[M], [\bar{K}(q^t, \omega_R)]$) имеют размер (40x40), что отвечает числу степеней свободы КЭ.

Предполагается, что $\{R\} = 0$. Тогда рассматриваются собственные колебания панели конической оболочки. Решение (9) ищется в виде:

$$\{q\} = \{Q_A\} e^{-i\omega t}$$

где $\{Q_A\}$ - амплитуды неизвестных узловых перемещений, комплексная величина; $\omega = \omega_R + i\omega_I$ - комплексная частота, которую требуется определить.

Подставляя (10) в (9), получим следующую систему однородных алгебраических уравнений:

$$(-\omega^2 [M] + [K(\omega_R)]) \{q\} = 0.$$

Система однородных алгебраических уравнений имеет нетривиальное решение, когда основной определитель однородной системы алгебраических уравнений равен нулю. Тогда получается трансцендентное алгебраическое уравнение с комплексно выходящим параметром, которое решается численно методом Мюллера [5,6].

Результаты и анализ. В качестве исходных данных следует задать радиусы (большие и маленькие), высоту и толщину оболочки, угол полу раствора усеченного конуса, модуль упругости, коэффициент Пуассона, параметры ядра релаксации материала и геометрические и механические параметры ребер. В качестве ядра релаксации вязкоупругого материала

примем трехпараметрическое ядро $R(t) = \frac{Ae^{-\beta t}}{t^{1-\alpha}}$ Ржаницына-Колтунова, обладающее слабой

сингулярностью. Здесь A, α, β - параметры материалы. Рассматриваются вязкоупругие усеченные конические оболочки, у которых большие основания шарнирно оперты, а вторые основания-свободно оперты на коническую оболочку.

Таблица 1.

Изменение частоты в зависимости от толщины оболочки

n	h	$\omega = \omega_R + i\omega_I$	
		ω_R	$-\omega_I 10^{-2}$
1	0.05	1.94894	1.77381
2		2.18942	2.57321
3		3.44160	2.90566
4		3.92574	3.04574
1	0.02	1.31147	1.42621
2		1.53439	2.49433
3		3.54578	2.98778

4		4.12429	3.21429
1	0.01	1.05218	1.22718
2		1.26867	1.36860
3		3.55691	3.45697
4		4.53974	3.65924

Коническая оболочка подкреплена 4 ребрами, высотой $4h$ и шириной $2h$ (длины дуг между ребрами одинаковы - $s_i = \pi a / 2$). Все ребра вязкоупругие с одинаковыми реологическими свойствами. Параметры усеченной конической оболочки, изготовленной из оргстекла, имеют следующие значения: угол конусности $\gamma = 0.20, 0.40, 0.60, 0.80$; радиусы основания усеченной коническую оболочки - $a_1 = 15\text{м}$, $a = 18\text{м}$ (протяженность оболочки 10 метров). Физико-механические характеристики:

$\rho_c = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\rho_0 = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\nu_c = 0.25$, $\nu_0 = 0.35$, $E_c = 2 \cdot 10^{12}$ ГПа, $E_0 = 20 \cdot 10^{12}$ Па. Значения реологических параметров примем в виде: $A = 0,048$; $\beta = 0,05$; $\alpha = 0,1$.

В таблице 1 показаны комплексные значения низших частот диссипативно однородной подкрепленной (с четырьмя стержнями) усеченной конической оболочки при различных толщинах оболочки в пределе гипотезы Кирхгофа-Лява. Определяются значения комплексной собственной частоты и соответствующих форм колебаний, когда оба торца контура оболочки шарнирно оперты ($N_1 = M_1 = U = V = W = 0$). В рассматриваемом случае минимальным собственным частотам (реальным частям комплексных частот) соответствуют осесимметричные колебания. Анализ результатов показывает, что реальные части третьей и четвертой частоты умеренно снижаются, а соответствующие мнимые части плавно возрастают.

Анализ результатов расчета позволяет сделать вывод, что с уменьшением толщины вязкоупругой конической оболочки, у ее реальной и мнимой части первая и вторая частоты колебаний монотонно убываются для диссипативно однородных механических систем.

Заклучения. 1. Разработан алгоритм решения задач собственных колебаний оболочек для ребристых вязкоупругих конических оболочек. Для решения динамических задач применяются метод конечных элементов, метод замораживания и методы Мюллера и Гаусса.

2. Анализ результатов расчета показывает, что с уменьшением толщины вязкоупругой конической оболочки, реальные и мнимые части первой и второй частот колебаний монотонно убывают. Реальные части третьей и четвертой частот умеренно снижаются, а соответствующие мнимые части- плавно возрастают.

3. Учет реологических свойств материала позволяет увеличить (или уменьшить) частотные значения оболочки до 10%.

Литература

- [1] Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. – Л.: Судпромиздат, 1962.-431 с.
- [2] Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. – М.: Наука, 1972. -432 с.
- [3] Ржаницын А.Р. Строительная механика. -М.: Высшая школа. 1982.-400 с.
- [4] Шереметьева А.К., Чехонин К.А. Анализ деформационных свойств полимерных композитов в условиях фазовых и релаксационных переходов толщины // Материалы XXI Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСПИС'2019), 24–31 мая 2019 г., Алушта. – М.: Изд-во МАИ, 2019. -С. 365-367.
- [5] Safarov I.I., Almuratov, III. Teshaev M.Kh., Homidov F.F., Rayimov D.G. On the dynamic stress-strastate of isotropic rectangular plates on an elastic base under vibration loads // Indian Journal of Engineering. 17(47), 2020. -P. 127-133.

[6] Teshaev, M.K., Safarov, I.I., Kuldashov, N.U., Ishmamatov, M.R., Ruziev, T.R. On the Distribution of Free Waves on the Surface of a Viscoelastic Cylindrical Cavity // Journal of Vibrational Engineering and Technologies.

UDK 539.2

SOME CARDINAL PROPERTIES OF THE NEMYTSKY PLANE

Ibodov Nabijon Muzaffarovich
Bukhara State Technical University

Abstract. this article investigates the cardinal and topological properties of the Nemytsky plane. It is known that this plane is a separable space without a countable base, so it is not a metrizable space. This plane satisfies the first axiom of countability, and does not satisfy the second axiom of countability. We present some other interesting properties of the Nemytsky plane. The following cardinal invariants of the Nemytsky plane are found this paper: tightness, network weight, pseudocharacter, spread, extent, local dense, functional and weak tightness, preshannumber, π -character, Shannumber, number of open sets. Other proofs are given about the Nemytsky plane is not normal space, about the uncountability of the weight, and about the countability of the character of the Nemytsky plane.

Key words: topological space; Nemytsky plane; tightness, network weight, pseudocharacter, spread, extent, local dense, functional and weak tightness, preshannumber, π -character, Shannumber.

Anotatsiya. Ushbu maqolada Nemitskiy tekisligining kardinal va topologik xususiyatlari o'rganiladi. Ma'lumki, bu tekislik hisoblanuvchi asossiz bo'linadigan fazodir, shuning uchun u o'lchanadigan fazo emas. Bu tekislik sanashning birinchi aksiomasini qanoatlantiradi, ikkinchi aksiomani esa qanoatlantirmaydi. Biz Nemitskiy samolyotining boshqa qiziqarli xususiyatlarini taqdim etamiz. Ushbu maqolada Nemytskiy tekisligining quyidagi kardinal invariantlari topilgan: zichlik, tarmoq og'irligi, psevdoxarakter, tarqalish, kenglik, mahalliy zichlik, funktsional va zaif zichlik, preshansoni, -belgi, Shansoni, ochiq to'plamlar soni. Nemitskiy tekisligining oddiy makon emasligi, vaznning hisoblanmasligi va Nemitskiy samolyotining xarakterini hisoblash mumkinligi haqida boshqa dalillar keltirilgan.

Kalit so'zlar: topologik fazo; Nemitskiy samolyoti; zichlik, tarmoq og'irligi, psevdoxarakter, tarqalish, darajada, mahalliy zich, funktsional va zaif germetiklik, preshansoni, -belgi, Shansoni.

Аннотация. В этой статье исследуются кардинальные и топологические свойства плоскости Немыцкого. Известно, что эта плоскость является сепарабельным пространством без счетной базы, поэтому она не является метризуемым пространством. Эта плоскость удовлетворяет первой аксиоме счетности и не удовлетворяет второй аксиоме счетности. Мы представляем некоторые другие интересные свойства плоскости Немыцкого. В этой статье найдены следующие кардинальные инварианты плоскости Немыцкого: теснота, сетевой вес, псевдохарактер, распространение, протяженность, локальная плотная, функциональная и слабая теснота, число Прешанина, -характер, число Шанина, число открытых множеств. Приведены другие доказательства о том, что плоскость Немыцкого не является нормальным пространством, о несчетности веса и о счетности характера плоскости Немыцкого.

Ключевые слова: топологическое пространство; плоскость Немыцкого; плотность, вес сети, псевдохарактер, распространение, протяженность, локальная плотная, функциональная и слабая плотность, число Прешанина, -характер, число Шанина.

MSC: 22A05, 54H11, 54D30, 54G20.

Let L be a subset of the plane defined by the condition $y \geq 0$, i.e., a closed upper half-plane. Let L_1 denote the line $y = 0$ and let $L_2 = L \setminus L_1$. For each $x \in L_1$ and $r > 0$, let $U(x, r)$ be the set of all points from L lying inside the circle of radius r tangent to L_1 at the point x . Let further $U_i(x) = U(x, \frac{1}{i}) \cup \{x\}$, $i = 1, 2, \dots$. For every $x \in L_2$ and $r > 0$, let $U(x, r)$ be the set of