[2] . J.W.Balch, W.W.Anderson. Liquid phase epitaxy of gallium arsenide on zinc selenide. Journal of Crystal Growth, 1972, vol.15, Iss. 3, p. 204–210. https://doi.org/10.1016/0022-0248(72)90120-0

[3] . A.Sh.Razzokov, Kh.O.Eshchanov, A.S.Saidov, V.V.Girzhon, R.M.Otajonova, S.I.Petrushenko, S.V. Dukarov. Theoretical and experimental study of the structure of $(Ge_2)_{1-x-y}(GaAs)_x(ZnSe)_y$ Solid solution// Journal of physical studies, vol. 29, № 1 (2025) 1603, p. 785–797.

[4] .M.Ghasemi, J.Johansson. Thermodynamic Assessment of the As-Zn and As-Ga-Zn Systems, Journal of Alloys and Compounds (2015). Vol. 638, 2015, p. 95–102. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.03.051

[5] .A.Sh.Razzokov, A.S.Saidov, M.A.Shonazarova, J.A.Razzakova, D.E. Koshchanova. Morphological studies of $(Ge_2)_{1-X}(ZnSe)_X$ solid solutions. East European Journal of Physics. № 1, (2025), p. 256–259.DOI:10.26565/2312-4334-2025-1-28.

[6] Andreev V.M., Dolginov L.M., Tretyakov D.N. Liquid epitaxy in technology semiconductor devices. M., Mod. radio, 1975.

[7] .J.Hang, D.Tao. Estimation of Two Component Activities of Binary Liquid Alloys by the Pair Potential Energy Containing a Polynomial of the Partial Radial Distribution Function. Metals 2023, vol.13, Iss.10, p. 1773; https://doi.org/10.3390/met13101773

[8] .B.Cantor.The thermodynamics of multicomponent high-entropy materials. JMater Sci. 2025, vol. 60, p. 1750. https://doi.org/10.1007/s10853-024-10385-1

Ismoilov Elbek Abdirashitovich (Samarqand davlat universiteti, fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori; eismoilov.samsu@gmail.com)

ICHKI QOVUSHOQ SUYUQLIK TA’SIRIDAGI SILINDRIK QOBIQNING KUCHLANGANLIK HOLATI VA MUSTAHKAMLIGINI TAHLIL QILISH

Annotatsiya. *Mazkur maqolada ichki qovushoq suyuklik bilan o‘zaro ta’sirlashuvchi transversal-izotrop silindrik qobiqning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati va mustahkamligi tadqiq etilgan. Qobiq va suyuqlikning o‘zaro ta’sirini tavsiflovchi matematik model asosida kuchlanish tenzori komponentalari analitik ifodalanib, ularni sonli usullar yordamida hisoblash algoritmi ishlab chiqilgan. Olingan natijalar asosida Von Mises sharti bo‘yicha ekvivalent kuchlanish aniqlanib, qobiqning mustahkamligi baholangan. Hisoblash natijalari ichki qovushoq suyuqlikning kuchlanishlarning taqsimlanishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini hamda qaralayotgan konstruksiya berilgan yuklanish ostida mustahkamlik talablarini qanoatlantirishini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *silindrik qobiq, qovushoq suyuqlik, transversal-izotrop material, kuchlanganlik holati, mustahkamlik, Von Mises sharti, kuchlanish tenzori.*

Исмоилов Элбек Абдирашитович (Самаркандский государственный университет, доктор философии по физико-математическим наукам; eismoilov.samsu@gmail.com)

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОЧНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННЕЙ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Аннотация. *В данной работе исследуются напряженно-деформированное состояние и прочность трансверсально-изотропной цилиндрической оболочки, взаимодействующей с внутренней вязкой жидкостью. На основе математической модели, описывающей взаимодействие оболочки и жидкости, компоненты тензора напряжений были выражены аналитически, а также разработан алгоритм для их численного расчета. На основе полученных результатов определено эквивалентное напряжение по критерию Фон Мизеса и оценена прочность оболочки. Результаты расчетов показывают, что вязкая жидкость внутри оболочки оказывает существенное влияние на распределение напряжений и что рассматриваемая конструкция удовлетворяет требованиям прочности при заданных условиях нагружения.*

Ключевые слова*: цилиндрическая оболочка, вязкая жидкость, поперечно-изотропный материал, состояние напряжений, прочность, критерий фон Мизеса, тензор напряжений.*

Ismoilov Elbek Abdirashitovich (Samarkand State University, Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics; eismoilov.samsu@gmail.com)

ANALYSIS OF THE STRESS STATE AND STRENGTH OF A CYLINDRICAL SHELL UNDER THE INFLUENCE OF AN INTERNAL VISCOSOUS FLUID

Annotation. *This article investigates the stress-strain state and strength of a transversely isotropic cylindrical shell interacting with a viscous fluid inside it. Based on a mathematical model describing the interaction between the shell and the fluid, the components of the stress tensor were expressed analytically, and an algorithm was developed for their numerical calculation. Based on the results obtained, the equivalent stress was determined using the von Mises criterion and the strength of the shell was assessed.*

The calculation results show that the viscous fluid inside the shell has a significant influence on the stress distribution and that the structure under consideration satisfies the strength requirements under the specified loading conditions.

***Keywords**: cylindrical shell, viscous fluid, transversely isotropic material, stress state, strength, Von Mises criterion, stress tensor.*

Kirish. Transversal-izotrop materiallardan tayyorlangan silindrik qobiqlar mashinasozlik, aviatsiya, energetika hamda neft-gaz sanoatida keng qo'llaniladigan elementlardan biri hisoblanadi. Bunday konstruksiyalarning ekspluatatsion ishonchliligi ko'p jihatdan ularning yuklanishlar ta'siridagi kuchlanganlik va deformatsiyalanganlik holatini aniq baholashga bog'liq. Ayniqsa, qobiq ichida qovushoq suyuqlik mavjud bo'lgan hollarda suyuqlik va elastik konstruksiya o'rtasidagi o'zaro ta'sir murakkab gidroelastik jarayonlarni yuzaga keltirib, kuchanishlarning taqsimlanishiga hamda mustahkamlik ko'rsatkichlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli ichki qovushoq suyuqlik bilan o'zaro ta'sirlashuvchi transversal-izotrop silindrik qobiqlarning kuchlanganlik holatini tadqiq etish va ularning mustahkamligini baholash dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hosoblanadi. Mazkur yo'nalishda olib borilgan ilmiy tadqiqotlarda silindrik qobiqlarning statik va dinamik holati, suyuqlik va konstruksiyaning o'zaro ta'siri hamda mustahkamlik shartlarini takomillashtirishga alohida e'tibor qaratilgan.

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili. Ushbu yo'nalish bo'yicha olib borilgan dastlabki tadqiqotlardan biri [1] ishda keltirilgan bo'lib, unda transversal-izotrop silindrik konstruksiyalarda to'lqinlarning tarqalish jarayonlarini tavsiflovchi matematik model ishlab chiqilgan. Olingan natijalar silindrik konstruksiyalarning mustahkamligini baholashning nazariy asoslarini rivojlantirish bilan birga, ichki qovushoq suyuqlik ta'siridagi silindrik qobiqlarning mexanik holatini tadqiq etish bo'yicha keyingi izlanishlar uchun muhim ilmiy zamin yaratadi. [2] ishda transversal-izotrop materialli doiraviy qobiqlarning elasto-plastik deformatsiyalangan holatini tahlil qilish uchun geometrik nochiziqlikni hisobga oluvchi sonli hisoblash usuli ishlab chiqilgan hamda ichki qovushoq suyuqlik ta'sirini hisobga oluvchi masalalarni yechishda muhim nazariy asos bo'lib xizmat qiladi [3,4] ishda qovushoq suyuqlik va elastik qatlamning o'zaro ta'siri uch o'lchamli chiziqlilashtirilgan Navye-Stoks tenglamalari hamda klassik elastik nazariyasi yordamida baholangan. Olingan natijalar qovushoq suyuqlikning elastik konstruksiyalarning dinamik xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqlab, mustahkamligini baholash bo'yicha tadqiqotlar uchun muhim nazariy asos yaratadi [5] ishda silindrik qobiqlarning o'qqa nisbatan simmetrik va ko'ndalang tebranishlari uchun aniqlashtirilgan nazariya ishlab chiqilgan bo'lib, unda aylanish inersiyasi hamda ko'ndalang siljish deformatsiyalarning ta'siri hisobga olingan. Shuningdek, qobiqning ixtiyoriy kesimidagi kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini aniqlash algoritmlari hamda tebranish va to'lqinlarning tarqalish qonuniyatlari keltirilgan bo'lib, ular ichki qovushoq suyuqlik ta'siridagi silindrik qobiqlar mustahkamligini baholash bo'yicha tadqiqotlar uchun muhim nazariy asos hisoblanadi.

Yuqoridagi tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, ichki qovushoq suyuqlik bilan o'zaro ta'sirlashuvchi silindrik qobiqlarning mustahkamligini baholashda suyuqlik va konstruksiya o'zaro ta'sirini hisobga oluvchi aniqlashtirilgan matematik modellarni ishlab chiqish va takomillashtirish dolzarb ilmiy vazifa bo'lib qolmoqda.

Tadqiqot metodologiyasi. Kuchlanish holatini analitik tavsiflash uchun ichki qovushoq suyuqlik bilan o'zaro ta'sirlashuvchi transversal-izotrop silindrik qobiqdagi kuchlanish tenzori komponentalarini izlanuvchi funksiyalar orqali ifodalanadi. Transversal-izotrop jism uchun ushbu komponentalar quyidagi ko'rinishga ega [5]:

$$\sigma_{rr}=C_{11}\frac{\partial U_r}{\partial r}+C_{12}\frac{U_r}{r}+C_{13}\frac{\partial U_z}{\partial z};\sigma_{\theta\theta}=C_{12}\frac{\partial U_r}{\partial r}+C_{11}\frac{U_r}{r}+C_{13}\frac{\partial U_z}{\partial z};\sigma_{zz}=C_{13}\left(\frac{\partial U_r}{\partial r}+\frac{U_r}{r}\right)+C_{33}\frac{\partial U_z}{\partial z};\sigma_{rz}=C_{44}\left(\frac{\partial U_r}{\partial z}+\frac{\partial U_z}{\partial r}\right). \quad (1)$$

Bu yerda: σ_{rr}, $\sigma_{\theta\theta}$, σ_{zz}, σ_{rz} –kuchlanish tenzorining, mos ravishda, radial, buralma, bo'ylama va bo'ylama-radial komponentalari, C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{33}, C_{44} – transversal-izotrop jism uchun elastiklik modullari, U_r, U_z – ko'chish vektorining radial va bo'ylama komponentalari, r – qobiq o'rta sirti radiusi.

Ko'chish funksiyalarini kuchlanish tenzori komponentalari ifodalariga qo'yib hamda zarur matematik soddalashtirishlarni bajargach, kuchlanish komponentalari quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\sigma_{rr}B_2=\left(\bar{A}_{11}\frac{\partial U_{z,0}}{\partial z}+\bar{B}_{11}U_{r,0}+\bar{N}_{11}\frac{\partial U_{z,1}}{\partial z}+\bar{M}_{11}U_{r,1}\right);\ \sigma_{\theta\theta}B_2=\left(\bar{A}_{21}\frac{\partial U_{z,0}}{\partial z}+\bar{B}_{21}U_{r,0}+\bar{N}_{21}\frac{\partial U_{z,1}}{\partial z}+\bar{M}_{21}U_{r,1}\right);$$
$$\sigma_{zz}B_2=\left(\bar{A}_{31}\frac{\partial U_{z,0}}{\partial z}+\bar{B}_{31}U_{r,0}+\bar{N}_{31}\frac{\partial U_{z,1}}{\partial z}+\bar{M}_{31}U_{r,1}\right);\ \sigma_{rz}B_3=\left(\bar{A}_{41}\frac{\partial U_{z,0}}{\partial z}+\bar{B}_{41}U_{r,0}+\bar{N}_{41}\frac{\partial U_{z,1}}{\partial z}+\bar{M}_{41}U_{r,1}\right); \quad (2)$$

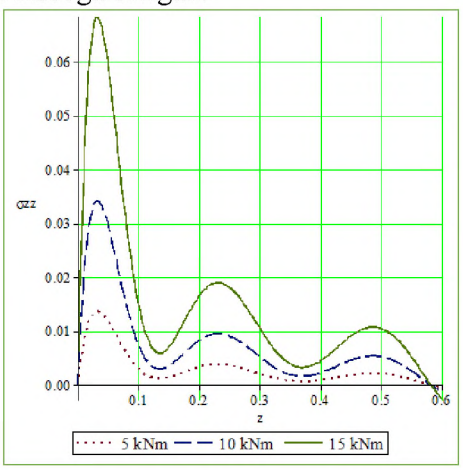
Bunda $B_1=\frac{C_{13}+C_{44}}{C_{11}}$, $B_2=\frac{\rho B_1}{C_{11}}\frac{\partial^2}{\partial t^2}-\frac{B_1C_{44}}{C_{11}}\frac{\partial^2}{\partial z^2}$, $B_3=\frac{\rho B_1}{C_{11}}\frac{\partial^3}{\partial z\partial t^2}-\frac{B_1C_{44}}{C_{11}}\frac{\partial^3}{\partial z^3}$, $\bar{A}_{i1}$, $\bar{B}_{i1}$, $\bar{N}_{i1}$, $\bar{M}_{i1}$, $(i=1,2,3,4)$ lar t vaqt va z koordinataga, yuqori tartibli hosilalarga bog‘liq bo‘lgan differensial operatorlar, ya’ni:

$$\bar{A}_{11}=a'_{11}\frac{\partial^4}{\partial t^4}+a'_{12}\frac{\partial^4}{\partial t^2\partial z^2}+a'_{13}\frac{\partial^4}{\partial z^4}+a'_{14}\frac{\partial^2}{\partial t^2}+a'_{15}\frac{\partial^2}{\partial z^2},\ldots,\bar{B}_{11}=b'_{11}\frac{\partial^4}{\partial t^4}+b'_{12}\frac{\partial^4}{\partial t^2\partial z^2}+b'_{13}\frac{\partial^4}{\partial z^4}+b'_{14}\frac{\partial^2}{\partial t^2}+b'_{15}\frac{\partial^2}{\partial z^2},\ldots,$$
$$\bar{N}_{11}=n'_{11}\frac{\partial^4}{\partial t^4}+n'_{12}\frac{\partial^4}{\partial t^2\partial z^2}+n'_{13}\frac{\partial^4}{\partial z^4}+n'_{14}\frac{\partial^2}{\partial t^2}+n'_{15}\frac{\partial^2}{\partial z^2},\ldots,\bar{M}_{11}=m'_{11}\frac{\partial^4}{\partial t^4}+m'_{12}\frac{\partial^4}{\partial t^2\partial z^2}+m'_{13}\frac{\partial^4}{\partial z^4}+m'_{14}\frac{\partial^2}{\partial t^2}+m'_{15}\frac{\partial^2}{\partial z^2},\ldots$$

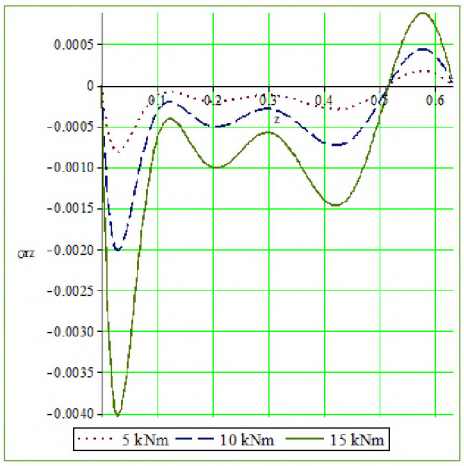
a'_{ij},b'_{ij},n'_{ij} va m'_{ij} koeffitsiyentlar silindrik qobiqning geometrik o‘lchamlari, uning fizik-mexanik xossalari, shuningdek, qobiq ichidagi qovushoq suyuqlikning zichligi hamda dinamik va kinematik qovushoqlik xususiyatlariga bog‘liq parametrlar hisoblanadi.

(2) formulalar asosida ichki qovushoq suyuqlik bilan o‘zaro tasirlashuvchi transversal-izotrop silindrik qatlam va qobiqlarning istalgan nuqtasidagi bo‘ylama-radial tebranishlari natijasida yuzaga keluvchi kuchlanishlar aniqlanadi.

Tahlil va natijalar. Qaralayotgan tizimning bo‘ylama-radial tebranish tenglamasining [6] hosil qilingan yechimlari hamda qaralayotgan masala uchun shakllantirilgan boshlang‘ich va chegaraviy shartlardan [7] foydalanib, $\sigma_{rr},\sigma_{\theta\theta},\sigma_{zz}$ va σ_{rz} kuchlanishlarning z koordinatasi bo‘yicha o‘zgarish grafiklari hosil qilinadi va ularning taqsimlanish xususiyatlari tahlil etiladi. Aluminiy materialli silindrik qobiqning erkin uch qismiga ta’sir etuvchi burovchi momentning $5\cdot10^3N\cdot m$, $10\cdot10^3N\cdot m$, $15\cdot10^3N\cdot m$ qiymatlarida, shuningdek, f_r-radial kuchlar hamda sirt bo‘ylab ta’sir qiluvchi f_{rz} – bo‘ylama-radial sirt kuchlari hisobga olingan.



1-rasm. Turli qiymatdagi burovchi moment ta’sirida σ_{zz} kuchlanish tenzori komponentasining z koordinatasi bo‘ylab o‘zgarish xarakteristikasi.



2-rasm. Turli qiymatdagi burovchi moment ta’sirida σ_{rz} kuchlanish tenzori komponentasining z koordinatasi bo‘ylab o‘zgarish xarakteristikasi.

1-rasmda aluminiy materialli doiraviy silindrik qobiq uchun kuchlanish tenzori komponentasining koordinata bo‘yicha taqsimlanish grafigi tasvirlangan. Grafiklardan ko‘rinadiki, z koordinatasi bo‘ylab barcha uchta moment hamda tashqi radial va bo‘ylama-radial kuchlar ta’sirida σ_{zz} bo‘ylama kuchlanishning eng katta qiymati boshlang‘ich sohada kuzatiladi. Shuningdek, qo‘llanilgan moment miqdori ortishi bilan σ_{zz} ning maksimal qiymati ham, mos ravishda, oshib borishi kuztiladi: $M=15\ kN\cdot m$ qiymatida

eng yuqori, $M = 5kN \cdot m$ qiymatida eng past bo‘ladi. Grafik natijalaridan ko‘rinishicha, burovchi moment uch baravar ortirilganda, σ_{zz} bo‘ylama kuchlanishning maksimal qiymati, taxminan, 3–4 baravar oshadi.

2-rasmda σ_{rz} bo‘ylama-radial kuchlanish komponentasining z koordinatasi bo‘yicha o‘zgarishi tasvirlangan. Grafikdan ko‘rinadiki, z koordinatasi bo‘ylab kuchlanish tebranishlari amplitudasining bosqichma-bosqich kamayishi ichki qovushoq suyuqlikning dissipativ xususiyati bilan izohlanadi. Grafik tahlili shuni ko‘rsatadiki, qobiq uzunligi bo‘ylab bo‘ylama-radial kuchlanishlarning tebranish xarakteri saqlanib qoladi, biroq z koordinatasi ortishi bilan ularning qiymati asta-sekin nolga yaqinlashadi. Muhandislik nuqtayi nazaridan, konstruksiyaning eng xavfli sohasi yuklanishlar birgalikda maksimal ta’sir ko‘rsatadigan chegaraviy qism bo‘lib, aynan shu joyda charchash yoriqlarining paydo bo‘lish ehtimoli yuqori bo‘ladi.

Transversal-izotrop xossalarga ega materiallardan tayyorlangan silindrik qobiqlarning mustahkamligini baholash zamonaviy mexanika va konstruksiyalar nazariyasining dolzarb ilmiy-amaliy vazifalaridan biri hisoblanadi. Bunday konstruksiyalarning yuk ko‘tarish qobilyatini aniqlashda ekvivalent kuchlanishni aniqlash uchun keng qo‘llaniladigan mezonlardan biri Von Mises mustahkamlik shartidir [8]. Silindrik koordinatalar sistemasida ushbu ekvivalent kuchlanish quyidagi matematik ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\left(\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta}\right)^2 + \left(\sigma_{\theta\theta} - \sigma_{zz}\right)^2 + \left(\sigma_{zz} - \sigma_{rr}\right)^2\right] + 3\sigma_{rz}^2}; \qquad (3)$$

bunda σ_{eq} – ekvivalent kuchlanish.

1–2-rasmlarda keltirilgan grafiklar tahlili shuni ko‘rinadiki, burovchi moment hamda tashqi kuchlar ta’siri ostida hosil bo‘ladigan kuchlanishlarning maksimal qiymatlari quyidagicha aniqlanadi, ya’ni, $\sigma_{rr}^{\max} = 0,42$; $\sigma_{\theta\theta}^{\max} = 0,03$; $\sigma_{zz}^{\max} = 0,065$; $\sigma_{rz}^{\max} = 0,004$. Grafiklar asosida aniqlangan maksimal kuchlanish qiymatlari (3) formulaga qo‘yilganda, ekvivalent kuchlanishlarning qiymati hisoblash natijalariga ko‘ra, taxminan, $\sigma_{eq} = 0,37$ ni tashkil etadi.

Endi qobiq turli burovchi moment qiymatlari uchun mustahkamligi tahlil qilinadi. Buning uchun 1–2-rasmlarda keltirilgan grafik natijalari asosida aniqlangan kuchlanish qiymatlari ko‘rib chiqiladi. Grafiklar tahliliga ko‘ra, $\sigma_{rr} = 0,65$ radial kuchlanishning, $\sigma_{\theta\theta} = 0,25$ buralma kuchlanishning, $\sigma_{zz} = 0,11$ bo‘ylama kuchlanishning hamda $\sigma_{rz} = 0,006$ bo‘ylama-radial kuchlanishning maksimal qiymatlari kuzatiladi. Konstruksiyaning mustahkamlik sharti quyidagi tengsizlik bilan ifodalanadi: $\sigma_{eq} \le [\sigma]$, bu yerda $[\sigma]$-material uchun ruxsat etilgan kuchlanishni bildiradi. Yuqoridagi barcha holatlar uchun mustahkamlik sharti tekshirilganda, hisoblash natijalarida aniqlangan ekvivalent kuchlanish qiymatlarining ruxsat etilgan kuchlanishlardan kichik ekanligi aniqlanadi. Mazkur natijalar shuni ko‘rsatadiki, qaralayotgan silindrik qobiq berilgan yuklanish ostida mustahkamlik talablarini to‘liq qanoatlantiradi va uning ekspluatatsion ishonchliligi ta’minlanadi.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda ichki qovushoq suyuqlik bilan o‘zaro ta’sirlashuvchi transversal-izotrop silindrik qobiqning kuchlanganlik holatini tavsiflovchi matematik model asosida kuchlanish tenzori komponentalari aniqlanib, ularning qobiq uzunligi bo‘ylab o‘zgarish qonuniyatlari tahlil qilindi. Von Mises mustahkamlik sharti asosida olib borilgan baholash natijasida hisoblangan ekvivalent kuchlanishlar ruxsat etilgan qiymatlardan oshmasligi aniqlanib, qaralayotgan silindrik qobiqning berilgan ekspluatatsion yuklanishlarda yetarli mustahkamlik zaxirasiga ega ekanligi tasdiqlandi. Olingan natijalar ichki qovushoq suyuqlik ta’siridagi silindrik qobiqlarni loyihalash va ularning ishonchliligini baholash bo‘yicha muhandislik hisoblarini takomillashtirish uchun nazariy hamda amaliy ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

[1]. F.Honarvar, E.Enjilela, A.N.Sinclair, S.A.Mirnezami. Wave propagation in transversely isotropic cylinders // International Journal of Solids and Structures. 2007, 44, p. 5236–5246. doi:10.1016/j.ijsolstr.2006.12.029

[2]. M.E.Babeshko, Y.N.Shevchenko. Elastoplastic stress–strain state of flexible layered shells made of isotropic and transversely isotropic materials with different moduli and subjected to axisymmetric loading // International Applied Mechanics. 2007, 43, № 11, p. 1208–1217.

[3]. A.M.Bagno. Wave propagation in an elastic layer interacting with a viscous liquid layer // International Applied Mechanics. 2016, 52, № 2, DOI 10.1007/s10778-016-0740-z

[4]. H.Yajuan, Sh.Yunhui, P.Panpan. Theoretical study on fluid velocity for viscous fluid in a circular cylindrical shell // The Open Mechanical Engineering Journal. 2015, 9, p. 826–830.

[5]. Худойназаров Х.Х. Нестационарное взаимодействие круговых цилиндрических упругих и вязкоупругих оболочек и стержней с деформируемой средой. Ташкент, изд-во им. Абу Али ибн Сино, 2003, 325 с.

[6]. K.Mamasoliev, E.A.Ismoilov, Z.Khudoyberdiyev. Formulation of a Boundary Value Problem for Longitudinal-Radial Vibrations of a Transversely Isotropic Cylindrical Shell Interacting With a Viscous Fluid // AIP Conf. Proc. 3405, 370001 (2026). https://doi.org/10.1063/12.0043271

[7]. Kh.Khudoynazarov, K.Mamasoliyev, E.A.Ismoilov, E.V.Ovchinnikov. Non-Stationary Influence of a Transverse-Isotropic Cylindrical Shell With a Viscous Compressed Fluid // AIP Conf. Proc. 3177, 050005 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0294882

[8]. Beer F.P., Johnston E.R., DeWolf J.T., Mazurek D.F. Mechanics of Materials. 9th ed. New York, McGraw-Hill Education, 2020, 912 p.

Boltayev Sherzod Tuyliboyevich (Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti "Axborot xavfsizligi" kafedrasi mudiri, dotsent, PhD; e-mail: sherzodboltaev@gmail.com),
Abduqaxxorova Nigora Doniyor qizi (Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti 2-kurs magistranti; e-mail: nigoraabduqaxxorova26@gmail.com; UDK 004.056.55)

RSA VA EL-GAMAL ASSIMETRIK SHIFRLASH ALGORITMLARIGA ASOSLANGAN ELEKTRON RAQAMLI IMZO ALGORITMLARINING TADQIQI

Annotatsiya. *Ushbu maqolada RSA algoritmining katta tub sonlarni ko'paytuvchilarga ajratish, El-Gamal algoritmining diskret logarifmlash masalasining hisoblash murakkabligi asosida elektron raqamli imzo hosil qilish va uni tekshirish jarayonlari tahlil qilinib ularning xavfsizlik darajasi, hisoblash murakkabligi, kalitlar bilan ishlash xususiyatlari hamda amaliy qo'llanish imkoniyatlari o'zaro solishtiriladi. Tadqiqot natijasida RSA va El-Gamal asosidagi elektron raqamli imzo algoritmlarining afzalliklari va xususiyatlari aniqlanadi.*

Kalit so'zlar: *RSA algoritmi, El-Gamal algoritmi, elektron raqamli imzo, assimetrik kriptografiya, xesh funksiya, diskret logarifm, tub sonlar, axborot xavfsizligi.*

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ, ОСНОВАННЫХ НА АСИММЕТРИЧНЫХ АЛГОРИТМАХ ШИФРОВАНИЯ RSA И EL-GAMAL

Аннотация. *В данной статье анализируются процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи на основе алгоритма RSA, основанного на сложности факторизации больших простых чисел, а также алгоритма El-Gamal, основанного на вычислительной сложности задачи дискретного логарифмирования. Рассматриваются и сравниваются уровни их безопасности, вычислительная сложность, особенности работы с ключами и возможности практического применения. В результате исследования определены преимущества и особенности алгоритмов электронной цифровой подписи, основанных на RSA и El-Gamal.*

Ключевые слова: *алгоритм RSA, алгоритм El-Gamal, электронная цифровая подпись, асимметричная криптография, хеш-функция, дискретный логарифм, простые числа, информационная безопасность.*

RESEARCH OF ELECTRONIC DIGITAL SIGNATURE ALGORITHMS BASED ON RSA AND EL-GAMAL ASYMMETRIC ENCRYPTION ALGORITHMS

Annotation. *This article analyzes the processes of generation and verification of electronic digital signatures based on the RSA algorithm, which relies on the computational difficulty of factoring large prime numbers, and the El-Gamal algorithm, which is based on the computational complexity of the discrete logarithm problem. The study compares their security levels, computational complexity, key management features, and practical application capabilities. As a result of the research, the advantages and distinctive features of electronic digital signature algorithms based on RSA and El-Gamal are identified.*

Key words: *RSA algorithm, El-Gamal algorithm, electronic digital signature, asymmetric cryptography, hash function, discrete logarithm, prime numbers, information security.*

Kirish. Raqamli axborot almashinuvi kengayib borayotgan hozirgi davrda elektron hujjatlarning haqiqiyligi, yaxlitligi va muallifligini tasdiqlash axborot xavfsizligining muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.