

АНОТАЦІЯ

ОРЛЕНКО С.П. ДИНАМІКА ТРИШАРОВИХ ОБОЛОНОК ОБЕРТАННЯ З ДИСКРЕТНО НЕОДНОРІДНИМ ЗАПОВНЮВАЧЕМ – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 11 – Математика та статистика за спеціальністю 113 – Прикладна математика. – Інститут механіки імені С.П. Тимошенка НАН України, Київ, 2021.

Дисертацію присвячено розробці розрахункових моделей несиметричних тришарових оболонок обертання з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем, вдосконаленню ефективності скінчено-різницевого методу і розвитку скінчено-елементних методів для розв'язку відповідних початково-крайових задач математичної фізики, оцінці напружено-деформованого стану (НДС) тришарових оболонкових структур в залежності від їх геометричних і фізико-механічних параметрів при різних видах нестационарного навантаження.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми дисертації, дано загальну характеристику роботи, доведено необхідність проведення наукових досліджень, сформульовано мету і задачі дослідження, вказано на зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами. У першому розділі висвітлені загальні питання розвитку методів розв'язку задач напружено-деформованого стану шаруватих оболонкових конструкцій, наведених у працях і монографіях відомих вчених. Ці роботи залишаються ґрунтовною математичною базою для вибору відповідних гіпотез при побудові розрахункових моделей тришарових оболонкових елементів і визначення застосування аналітичних і чисельних методів розрахунку реальних конструкцій. На основі ґрунтовного аналізу виконаного огляду сучасного стану проблеми визначення характеру нестационарних коливань і НДС тришарових оболонок з заповнювачем складної геометрії і значно різними фізико-механічними властивостями, визначене місце даної роботи серед проведених раніше розробок і обґрунтовано вибір напрямків досліджень. У другому розділі викладена постановка задачі, створена

розрахункова модель і виведені розв'язувальні системи рівнянь коливань несиметричних тришарових оболонок обертання з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем при вимушених динамічних навантаженнях. Армуючі елементи закріплені на відстанях, які значно перевищують їх поперечні розміри, і розташовані вздовж головних ліній кривизни оболонки. В третьому розділі досліджені закономірності протікання хвильових процесів в несиметричних тришарових циліндричних оболонкових структурах з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем при нестационарних навантаженнях. В четвертому розділі досліджена дискретно-симетрична неоднорідна по товщині пружна структура кінцевого типу, яка являє собою систему, що складається з внутрішньої і зовнішньої гладких кінчних оболонок (внутрішній і зовнішній несучий шар) з відповідними товщинами і радіусами. Покладається, що серединні лінії цих оболонок паралельні, тобто кут конусності α загальний. Оболонки жорстко з'єднані між собою дискретними ребрами і легким заповнювачем. Вважається, що тришарова кінчна структура навантажена внутрішнім вісесиметричним розподіленим нестационарним нормальним навантаженням. В п'ятому розділі досліджені задачі вісесиметричних коливань тришарових сферичних оболонок з дискретно-симетричним заповнювачем різної структури і при різних видах граничних умов і нестационарних навантажень.

Ключові слова: несиметричні тришарові оболонки обертання, дискретно-симетричний легкий заповнювач, армуючі ребра, нестационарні навантаження, чисельні методи.

Публікації по темі дисертації.

1. Lugovoi P. Z., Skosarenko Yu. V., Orlenko S. P., Shugailo O.P. Application of the Spline-Collocation Method to Solve Problems of Statics and Dynamics for Multilayer Cylindrical Shells with Design and Manufacturing Features//Intern. Appl. Mech. – 2019, **55**, № 5. – P. 524–533. doi.org/10.1007/s10778-019-00974-y
2. Луговой П.З., Скосаренко Ю.В., Орленко С.П. Применение метода сплайн – коллокации для решения задач статики и динамики

конструктивно неоднородных цилиндрических оболочек // Доповіді НАН України. 2019. № 8, – С. 25 – 33. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2019.08.025>.

3. Lugovoi P. Z., Meish V. F., Meish Yu. A., Orlenko S. P. Dynamic Design of Compound Shell Structures of Revolution Under Nonstationary Loads //Intern. Appl. Mech. – 2020, 56, № 1 – P. 22–32. doi.org/10.1007/s10778-020-00993-0

4. Орленко С.П. Чисельне моделювання динаміки тришарової сферичної оболонки з дискретно неоднорідним заповнювачем // Доповіді НАН України. 2020. № 3 – С. 19 – 27. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.03.019>.

5. Орленко С.П. Вплив несиметрії тришарових циліндричних оболонок з легким заповнювачем на їх напружено-деформований стан при нестационарних навантаженнях // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. 2020. № 31. – С. 78 – 89. <https://pommk.dp.ua/index.php/journal/article/view/487>

6. Орленко С.П. Чисельне моделювання коливань тришарової конічної оболонки з дискретно-симетричним неоднорідним заповнювачем // Доповіді НАН України. 2020. № 8– С. 35 – 52. doi.org/10.15407/dopovidi2020.08.035

7. Луговий П.З., Шугайло О.П., Орленко С.П., Деменков Коливання теплоізоляційних тришарових циліндричних труб при експлуатаційних навантаженнях //Ядерная и радиационная безопасность. – Киев: ГНТЦ ЯРБ, 2020, № 3, – С. 55 – 61. [doi.org/10.32918/nrs.2020.3\(87\).07](https://doi.org/10.32918/nrs.2020.3(87).07)

8. Lugovoi, P.Z., Meish, V.F., Orlenko, S.P. Numerical Simulation of the Dynamics of Spherical Sandwich Shells Reinforced with Discrete Ribs Under a Shockwave// Intern. Appl. Mech. – 2020, 56, № 5. – P. 590–598. doi.org/10.1007/s10778-020-01037-3

Апробація результатів дисертації.

1. Мейш Ю.А., Орленко С.П. Динамика составных оболочечных конструкций вращения при нестационарных нагрузках // Міжнародна наукова конференція. Математичні проблеми технічної механіки та прикладної математики – 2019. Матеріали конференції. Дніпро, Кам'янське – 2019. – С.15.

2. Луговий П.З., Скосаренко Ю.В., Орленко С.П. Методика дослідження напружено-деформованого стану оболонок з конструктивними особливостями// Міжнародна наукова конференція. Математичні проблеми технічної механіки та

прикладної математики – 2019. Матеріали конференції. Дніпро, Кам'янське – 2019. – С.17.

3. Луговий П.З., Орленко С.П. К постановке и решению динамических задач теории трехслойных конических оболочек с дискретным ребристым наполнителем // XVII міжнародна науково - технічна конференція "Удосконалювання енергоустановок методами математичного та фізичного моделювання" 7-11 жовтня 2019 р., м. Харків, Україна. 2019. – С.14.

4. Орленко С.П. Динаміка тришарових конічних оболонок з підкріпленням та масами // 10 Міжнародна наукова конференція. «Математичні проблеми механіки неоднорідних структур» Львів. 2019. – С. 72-73.

5. Мейш В.Ф., Мейш Ю.А., Орленко С.П. Динамические задачи теории трехслойных цилиндрических оболочек с кусочно – однородным наполнителем // Тези доповідей другої міжнародної науково – технічної конференції пам'яті академіка В.І. Моссаковського «Актуальні проблеми механіки суцільного середовища і міцності конструкцій». – Дніпро, 10-12 жовтня, 2019. – С. 178.

6. Мейш Ю.А., Орленко С.П. К численному расчету нестационарных колебаний трехслойных цилиндрических оболочек с поперечным дискретным ребристым наполнителем // Актуальні проблеми інженерної механіки: тези доповідей VI Міжнародної конференції. – Одеса, 20 – 24 травня, 2019. - С. 215 – 216.

7. Мейш В.Ф., Мейш Ю.А., Орленко С.П. До чисельного моделювання динамічної поведінки рівнянь оболонок типу еліптичного параболоїду при нестационарних навантаженнях // I Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Новітні технології в освіті, науці та виробництві» 18 квітня 2019 р. м. Київ, Україна. С. – 177.

8. Орленко С.П. Дослідження динаміки тришарового сферичного куполу з дискретно-неоднорідним заповнювачем // Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 3rd International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua". Kharkiv, Ukraine. 2020. Pp. 111-114. URL: <https://sci-conf.com.ua>.

ANNOTATION

ORLENKO S.P. DYNAMICS OF THREE-LAYER SHELLS OF ROTATION WITH A DISCRETE INHOMOGENEOUS PLACEHOLDER – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy in the field of knowledge 11 – Mathematics and statistics on a specialty 113 – Applied mathematics. – S.P. Tymoshenko Institute of Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2021.

The dissertation is devoted to the development of computational models of asymmetric three-layer shells of rotation with discrete-symmetric lightweight, rib-reinforced filler, improvement of numerical finite-difference method and development of finite-element methods for solving corresponding initial-boundary value problems of mathematical physics, stress-strain state assessment of three-layer shell structures depending on their geometric and physico-mechanical parameters under different types of non-stationary loading.

The introduction substantiates the relevance of the chosen topic of the dissertation, gives a general description of the work, proves the need for scientific research, formulates the purpose and objectives of the study, indicates the relationship of work with research programs, topics, plans. The first chapter covers general issues of the development of methods for solving problems of the stress–strain state of layered shell structures, given in the works and monographs of well-known scientists. These works remain a solid mathematical basis for selecting suitable hypotheses for constructing computational models of three-layer shell elements and determining the application of analytical and numerical methods for calculating real structures. Based on a thorough analysis of the current state of the problem of determining the nature of nonstationary oscillations and stress-strain state of three-layer shells with filler of complex geometry and significantly different physical and mechanical properties, the place of this work among previous developments is determined and the choice of research directions is substantiated. In the second section the problem statement

is presented, the calculation model is created and the solving systems of equations of oscillations of asymmetric three-layer shells of rotation with discrete-symmetric lightweight, rib-reinforced filler at forced dynamic loads are derived. Reinforcing elements are fixed at distances that significantly exceed their transverse dimensions, and are located along the main lines of curvature of the shell. In the third section, the regularities of the flow of wave processes in asymmetric three-layer cylindrical shell structures with a discrete-symmetric lightweight, rib-reinforced filler under nonstationary loads are investigated. The fourth section investigates a discrete-symmetric inhomogeneous in thickness elastic structure of conical type, which is a system consisting of inner and outer smooth conical shells (inner and outer bearing layer) with corresponding thicknesses and radiuses. It is assumed that the midlines of these shells are parallel, ie the angle of taper α is common. The shells are rigidly connected by discrete ribs and a lightweight filler. It is believed that the three-layer conical structure is loaded by an internal axisymmetric distributed non-stationary normal load. In the fifth section, the problems of axisymmetric oscillations of three-layer spherical shells with a discrete-symmetric filler of different structure and at different types of boundary conditions and nonstationary loads are investigated.

Keywords: asymmetric three-layer shells of rotation, discrete-symmetric lightweight filler, reinforcing ribs, non-stationary loads, numerical methods.

Publications on the topic of the dissertation.

1. Lugovoi P. Z., Skosarenko Yu. V., Orlenko S. P., Shugailo O.P. Application of the Spline-Collocation Method to Solve Problems of Statics and Dynamics for Multilayer Cylindrical Shells with Design and Manufacturing Features//Intern. Appl. Mech. – 2019, **55**, № 5. – P. 524–533. doi.org/10.1007/s10778-019-00974-y
2. Lugovoy P.Z., Skosarenko Yu.V., Orlenko S.P. Application of the method of spline-collocations to the solution of dynamic and static problems for structurally inhomogeneous cylindrical shells // Dopov. Nac. akad. nauk Ukr. 2019. № 8, - P. 25 - 33. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2019.08.025>.

3. Lugovoi P.Z., Meish V.F., Meish Yu.A., Orlenko S.P. Dynamic Design of Compound Shell Structures of Revolution Under Nonstationary Loads //Intern. Appl. Mech. – 2020, 56, № 1 – P. 22–32. doi.org/10.1007/s10778-020-00993-0
4. Orlenko S.P. Numerical simulation of the dynamics of a three-layer spherical shell with a discretely inhomogeneous filler // Dopov. Nac. akad. nauk Ukr. 2020. № 3 – P. 19 – 27. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.03.019>.
5. Orlenko S.P. The influence of the asymmetry of three-layered cylindrical shells with light filler on their stress-strain state under non-stationary loads // Problems of Computational Mechanics and Strength of Structures. 2020. № 31. – P. 78 – 89. <https://pommk.dp.ua/index.php/journal/article/view/487>
6. Orlenko S.P. Numerical simulation of oscillations of a three-layer conical shell with a discrete-symmetric inhomogeneous filler // Dopov. Nac. akad. nauk Ukr. 2020. № 8– P. 35 – 52. doi.org/10.15407/dopovidi2020.08.035
7. Lugovoi P., Shugailo O., Orlenko S., Diemienkov V. Oscillation of Thermal Insulation Three-Layer Cylindrical Pipes under Operating Loads // Nuclear and Radiation Safety, 2020, № 3 (87) – P. 55 – 61. doi.org/10.32918/nrs.2020.3(87).07
8. Lugovoi, P.Z., Meish, V.F., Orlenko, S.P. Numerical Simulation of the Dynamics of Spherical Sandwich Shells Reinforced with Discrete Ribs Under a Shockwave// Intern. Appl. Mech. – 2020, 56, № 5. – P. 590–598. doi.org/10.1007/s10778-020-01037-3

Approbation of dissertation results.

1. Meish, Yu.A., Orlenko, S.P. Dynamics of composite shell structures of rotation under non-stationary loads // International Scientific Conference. Mathematical problems of technical mechanics and applied mathematics - 2019. Conference materials. Dnipro, Kamyanske - 2019. - P.15.
2. Lugovyi P.Z., Skosarenko Yu.V., Orlenko S.P. Methods for studying the stress-strain state of shells with design features // International Scientific Conference. Mathematical problems of technical mechanics and applied mathematics - 2019. Conference materials. Dnipro, Kamyanske - 2019. - P.17.
3. Lugovyi P.Z., Orlenko S.P. On the formulation and solution of dynamic problems in the theory of three-layer conical shells with a discrete ribbed filler // XVII International

Scientific and Technical Conference "Improvement of power plants by methods of mathematical and physical modeling" October 7-11, 2019, Kharkiv, Ukraine. 2019. - P.14.

4. Orlenko S.P. Dynamics of three-layer conical shells with reinforcement and masses // 10 International scientific conference. "Mathematical problems of mechanics of inhomogeneous structures" Lviv. 2019. - P. 72-73.

5. Meish V.F., Meish Yu.A., Orlenko S.P. Dynamic problems of the theory of three-layer cylindrical shells with piecewise homogeneous aggregate // Abstracts of the second international scientific and technical conference in memory of Academician VI Mossakovsky "Actual problems of solid environment mechanics and structural strength". - Dnipro, October 10-12, 2019. - P. 178.

6. Meish Yu.A., Orlenko S.P. On the numerical calculation of nonstationary oscillations of three-layer cylindrical shells with a transverse discrete ribbed filler // Actual problems of engineering mechanics: abstracts of the VI International Conference. - Odessa, May 20 - 24, 2019. - P. 215 - 216.

7. Meish V.F., Meish Yu.A., Orlenko S.P. To numerical modeling of dynamic behavior of equations of shells of elliptical paraboloid type under non-stationary loads // I International scientific and technical Internet conference "Latest technologies in education, science and production" April 18, 2019 Kyiv, Ukraine. C. - 177.

8. Orlenko S.P. Investigation of the dynamics of a three-layer spherical dome with a discrete-inhomogeneous aggregate // Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 3rd International scientific and practical conference. SOC "Sci-conf.com.ua". Kharkiv, Ukraine. 2020. Pp. 111-114. URL: <https://sci-conf.com.ua>.