

INTERNATIONAL CONFERENCE MATHEMATIC PROBLEMS OF THE TECHNICAL MECHANIC

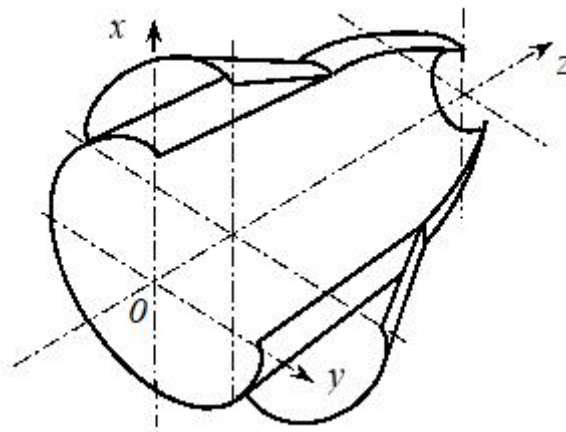
*ANNUAL SCIENTIFIC CONFERENCE
MPTM 2024*

April 18-19, 22, 2024
Dnipro, Ukraine

Book of Abstracts
Part 1

МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ – 2024

Матеріали конференції



Дніпро – 2024

АНАЛІЗ ДЕФОРМУВАННЯ ШАРУВАТИХ КОНСТРУКЦІЙ АЕРОКОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ БАГАТОФАКТОРНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Сметанкіна Н.В.¹, Місюра С.Ю.^{1,2}, Місюра Є.Ю.²

¹Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

^{1,2}Національний технічний університет «ХПІ»

³Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця

Широке застосування конструкцій з композиційних матеріалів пов'язані з їх поліпшеними, порівняно однорідними, характеристиками. Завдяки високим якостям міцності і підвищеної жорсткості в поєднанні з малою вагою композиційні матеріали широко використовуються в космічному, авіа- і суднобудуванні, транспортному машинобудуванні [1–3]. Найбільш повно нині досліджено питання статичного деформування композитних елементів конструкцій та його вільні коливання [4–6]. Перехідні процеси у таких конструкціях менш вивчені [7, 8].

Нестационарні процеси у шаруватих елементах конструкцій можуть бути викликані короткочасними інтенсивними навантаженнями різної природи [9, 10]. Ускладнення умов роботи сучасних композитних конструкцій, пов'язане з імпульсними та ударними навантаженнями, різноманітність форм конструктивних елементів, застосування нових матеріалів, призводять до того, що розробка методів розв'язання задач про напружено-

деформований стан композитних пластин і оболонок довільної форми є актуальною задачею динаміки конструкцій.

Пропонується методика дослідження процесів нестационарного деформування шаруватих композитних елементів конструкцій аерокосмічної техніки при імпульсному навантаженні та ударі твердим тілом. Розглядається шаруваті елементи, які виконані у вигляді пластин та оболонок із складною формою плану, що складається з ортотропних шарів сталого товщини. Пластина або оболонка віднесені до декартової системи координат, пов'язаної із зовнішньою поверхнею першого шару, і займає на координатній площині однозв'язну область, яка обмежена криволінійним контуром. Передбачається, що для пакету шарів у виконується гіпотеза типу С.П. Тимошенка. Напруження в шарах визначаються за законом Гука для ортотропного тіла [9]. Зусилля та моменти визначаються шляхом інтегрування відповідних компонентів тензора напружень вздовж товщини пластини або оболонки.

Рівняння руху елемента конструкції та граничні умови отримано з варіаційного принципу. При розв'язанні задачі про ударну взаємодію індентора з конструкцією система рівнянь руху доповнюється рівнянням руху індентора, а також умовою спільності переміщення індентора та конструкції. Контактна взаємодія враховується з урахуванням модифікованого закону Герца. Задача динаміки шаруватої пластини та оболонки довільної форми розв'язується методом занурення [4, 10]. В результаті задача зводиться до розв'язання системи звичайних диференціальних рівнянь другого порядку щодо коефіцієнтів розвинення функцій переміщень у ряди Фур'є. Отримана система інтегрується шляхом розвинення розв'язку у ряд Тейлора.

Як репрезентативний приклад досліджено коливання шарнірно опертої тришарової пластини з ортотропних шарів при ударі індентором у вигляді сталевий кулі. Удар наноситься із зовнішньої поверхні першого шару пластини. Форму плану пластини описується рівняннями Ламе. Порівняння результатів розрахунку прогинів та нормальних напружень з результатами, які отримані методом скінченних елементів показало їх добре узгодження, що підтверджує достовірність результатів. Незважаючи на високий рівень інтенсивності ударного навантаження, напруження не перевищили своїх допустимих значень, що дозволяє прогнозувати працездатність та надійність такого елемента за його експлуатації в умовах реального навантаження.

Таким чином, розроблено методику дослідження перехідних процесів у шаруватих композитних пластинах та оболонках зі складною формою плану, яка враховує геометрію області на аналітичному рівні, що підвищує точність отриманих результатів. Запропонована методика може бути використана при проектуванні шаруватих елементів конструкцій аерокосмічної техніки за нестационарних навантажень різної природи.

Література

1. Sierikova O., Strelnikova E., Gnitko V., Degtyarev K. Boundary calculation models for elastic properties clarification of three-dimensional nanocomposites based on the combination of finite and boundary element methods. In: 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). 2021. P. 351–356.
2. Misura S. Yu. Hydroelastic vibrations of the covers on water turbines with the upper ring of the guide vanes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2015. 6(7), 4–10. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.55664>

3. Smetankina N., Ugrimov S., Kravchenko I., Ivchenko D. Simulating the process of a bird striking a rigid target. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, 2020. P. 711–721. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_71
4. Smetankina N., Merkulova A., Merkulov D., Misura S., Misiura Ie. Modelling thermal stresses in laminated aircraft elements of a complex form with account of heat sources. *ICoRSE 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 534. Springer, Cham. P. 233–246. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15944-2_22
5. Malykhina A.I., Merkulov D.O., Postnyi O.V., Smetankina N.V. Stationary problem of heat conductivity for complex-shape multilayer plates. *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series “Mathematical modeling. Information technology. Automated control system”*. 2019. Vol. 41. P. 46–54. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2019-41-05>
6. Smetankina N., Postnyi O. Nonstationary heat conduction in multilayer glazing subjected to distributed sources. *Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Środowiska*. 2020. Vol. 10, No 2. P. 28–31. <https://doi.org/10.35784/iapgos.930>
7. Сметанкіна Н.В., Шупіков О.М., Угрімов С.В. Математичне моделювання процесу нестационарного деформування багат шарового оскління при розподілених та локалізованих силових навантаженнях. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. Херсон. 2016. № 3(58). С. 408–413.
8. Шупіков А.Н., Бузько Я.П., Сметанкіна Н.В., Угрімов С.В. Нестационарные колебания многослойных пластин и оболочек и их оптимизация. Харьков: ХНЭУ, 2004. 252 с.
9. Smetankina N., Semenets O., Merkulova A., Merkulov D., Misura S. Two-stage optimization of laminated composite elements with minimal mass. *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE-2022. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham, 2023. Vol. 536. P. 456–465. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_42
10. Smetankina N.V., Postnyi O.V., Misura S.Yu., Merkulova A.I., Merkulov D.O. Optimal design of layered cylindrical shells with minimum weight under impulse loading. In: *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2021. P. 506–509. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_42