

В. С. ГУДРАМОВИЧ

МІЦНІСТЬ, НАДІЙНІСТЬ І РЕСУРС КОНСТРУКЦІЙ АЕРОКОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ І ЕНЕРГЕТИКИ

Інститут технічної механіки

Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: hudramovich@i.ua

Наведено короткий огляд проведених досліджень в галузі міцності, ресурсу і надійності конструкцій аерокосмічної техніки і енергетики по напрямку досліджень Інституту технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України: «Міцність, надійність і оптимізація механічних систем, ракет-носіїв і космічних апаратів». Перераховані основні літературні джерела 1991 – 2021 років. Більш докладно проаналізовано питання, що визначено у 2014 – 2021 роках, і результати досліджень опубліковано (монографії, статті, що входять в міжнародну наукометричну базу, доповіді на міжнародних наукових конференціях). Вони стосуються моделювання процесів деформування неоднорідних матеріалів, зокрема бетону, в об'єктах споруд теплової енергетики з використанням нових розробок в теорії пластичності, зокрема, теорії течії, оцінці ресурсу оболонкових конструкцій ракетно-космічної техніки при наявності концентраторів напружень у вигляді отворів, включень, тріщин, розробці методологічних основ міцності, надійності і ресурсу стартових комплексів для запуску ракет-носіїв, призначених для виведення на навколосезну орбіту космічних апаратів різного класу. Розглянуто методологічні етапи розрахунку і дана класифікація термомеханічних навантажень великої інтенсивності. При визначенні ресурсу стартових комплексів використано поняття механізмів мало і багато циклової втоми. Розглянуто питання розробки швидкодіючих проєкційно-ітераційних схем числових методів скінченних елементів і локальних варіацій, що суттєво скорочують комп'ютерний час розрахунків і можуть бути ефективно використані при необхідності великого обсягу розрахунків при проєктуванні і відпрацюванні нових об'єктів аерокосмічної техніки і енергетики з використанням експериментів в процесі відпрацювання. При цьому проаналізовано вплив непружних деформацій в околі вирізів. Розглянуто числове моделювання задач міцності і стійкості неоднорідних оболонкових систем з використанням указаних нових розрахункових схем. Такі дослідження стосуються перш за все тонкостінних оболонкових систем неоднорідної структури при локалізованих навантаженнях та впливу підкріплювальних включень на концентрацію напружено-деформованого стану.

Ключові слова: міцність, надійність, ресурс, енергетика, ракети-носії, ракетні стартові комплекси, оболонкові неоднорідні конструкції.

1. Гудрамович В. С., Деменков А. Ф. Упругопластические конструкции с несовершенствами формы и остаточными напряжениями К., 1991. 174 с.
2. Переверзев Е. С. Модели накопления повреждений в задачах долговечности. К., 1995. 354 с.
3. Переверзев Е. С., Даниев Ю. Ф. Испытания и надежность технических систем. Днепропетровск, ИТМ НАНУ и ГКАУ, 1999. 223 с.
4. Гудрамович В. С. Теория ползучести и ее приложения к расчету элементов тонкостенных конструкций. К., 2005. 224 с.
5. Аксененко А. В., Гудрамович В. С., Дзюба А. П., Козлов А. К. Работоспособность оболочечных конструкций при локальном ударном нагружении. Днепропетровск, 2006. 216 с.
6. Даниев Ю. Ф., Бигус Г. А. Техническая диагностика опасных производственных объектов. М., 2010. 415 с.
7. Бигус Г. А., Даниев Ю. Ф., Быстрова Н. А., Галкин Д. И. Диагностика технических устройств. М., 2014. 616 с.
8. Гудрамович В. С., Дзюба А. П., Селиванов Ю. М. Методы голографической интерферометрии в механике неоднородных тонкостенных конструкций. Днепр, 2017. 288 с.
9. Гудрамович В. С., Скальський В. Р., Селиванов Ю. М. Голографічне та акустико-емісійне діагностування неоднорідних конструкцій і матеріалів. Львів, 2017. 488 с.
10. Бигус Г. А., Даниев Ю. Ф., Быстрова Н. А., Галкин Д. И. Основы диагностики технических устройств и сооружений. 2-е издание. М., 2018. 445 с.
11. Mathematical and computer modeling of engineering systems: Collective monograph. Ed. V. S. Hudramovich. Riga, Latvia, 2020. 164 p.
12. Hudramovich V. S. Plastic and creep instability of shells with initial imperfections. Solid mechanics and its applications. V. 64. Ed. G. M. L. Gladwell. Dordrecht, Boston, London, 1997. P. 277–289. https://doi.org/10.1007/0-306-46937-5_23
13. Hudramovich V. S., Lebedev A. A., Mossakovsky V. I. Plastic deformation and limit states of metal shell structures with initial shape imperfections. Light – weight steel and aluminium structures. Proceedings Jnt. Conf. (Helsinki, Finland, 1999). Ed. P. Makelainen. Amsterdam, Lousanne, New York, Tokyo, 1999. P. 257–263. <https://doi.org/10.1016/B978-008043014-0/50133-5>
14. Lebedev A. A., Kosarchuk V. V., Hudramovich V. S. Micro- and macrostructural mechanics of metastable steels. Solid Mechanics and its applications. V. 62. Ed. G. M. L. Gladwell. Dordrecht, Boston, London. 1999. P. 355–362.

15. Гудрамович В. С., Гайдученко А. П., Коваленко А. И. Технологии изготовления устройств антенно-волноводной техники и солнечной энергетики, основанные на методе электролитического формования. *Космічна наука і технологія*. 2001. Т. 7, № 2/3. С. 66–77. <https://doi.org/10.15407/knit2001.02.066>
16. Hudramovich V. S. Features of nonlinear deformation and critical states of shell systems with geometrical imperfections. *Int. Appl. Mech.* 2006. V. 42, No. 12. P. 1323–1355. <https://doi.org/10.1007/s10778-006-0204-y>
17. Hudramovych V. S., Demenkov A. F., Egorov E. A., Reprintsev A. V. On the influence of the technology of manufacturing on the load-bearing capacity of steel tanks. *Strength of Materials*. 2006. V. 38, No. 4. P. 423 – 427. <https://doi.org/10.1007/s11223-006-0060-3>
18. Hudramovych V. S. Contact mechanics of shell structures under local loading. *Int. Appl. Mech.* 2009. V. 45, No. 7. P. 708–729. <https://doi.org/10.1007/s10778-009-0224-5>
19. Hudramovych V. S., Hart E. L., Ryabokon' S. A. Plastic deformation of nonhomogeneous plates. *J. Math. Eng.* 2013. V. 78, Iss. 1. P. 181–197. <https://doi.org/10.1007/s10665-010-9409-5>
20. Hudramovich V. S., Hart E. L., Klimenko D. V., Ryabokon' S. A. Mutual influence of openings on strength of shell-type structures under plastic deformation. *Strength of Materials*. 2013. V. 45, No. 1. P. 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11223-013-9426-5>
21. Пошивалов В. П., Борщевська Д. Г., Рябчий В. Д., Телегіна І. І. Підвищення довговічності сплаву АМг6М за рахунок енергетичної обробки в умовах повзучості. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2013. № 6. С. 62–67.
22. Hudramovich V. S., Levin V. M., Samarskaja E. V., Shabelnik S. V. Modeling of the deformation process of concrete based on a modified version of the theory of flow. *Strength of Materials*. 2014. V. 46, No. 5. P. 595–600. <https://doi.org/10.1007/s11223-014-9587-x>
23. Hart E. L., Hudramovich V. S. Projection-iterative schemes for the realization of the finite element method in problems of deformation of plates with holes and inclusions. *Journ. of Mathematical Sci.* 2014. V. 203, No. 1. P. 55–69. <https://doi.org/10.1007/s10958-014-2090-x>
24. Гудрамович В. С. Моделирование динамики и прочности концентрирующих систем солнечной энергии. *Science, technology and innovative technologies in the prosperous epoch of powerful state*. Матер. межд. науч. конф. (Ашгабат, Туркменистан, 2015). Ашгабат, «Үлүм». С. 148–149.
25. Дегтярев А. В., Пилипенко О. В., Гудрамович В. С., Даниев Ю. Ф. и др. О классификации стартового оборудования ракетно-космических комплексов при обосновании норм прочности. *Космічна наука і технологія*. 2016. Т. 22. № 1. С. 3–14. <https://doi.org/10.15407/knit2016.01.003>
26. Hudramovich V. Contact interactions and limit states of the shell-type structures under local loading. *Proceedings of 2016 China-Ukraine Forum on Science and Technology*. (Harbin, China, 2016). Harbin, 2016. P. 2–3.
27. Гудрамович В. С., Репринцев А. В., Рябоконт С. А., Самарская Е. В. Оценка ресурса конструкций ракетно-космической техники при учете влияния концентраторов напряжений в виде отверстий. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. 2016. № 2. С. 28–36. <https://doi.org/10.15407/tdnk2016.02.03>
28. Doyar I., Poshvalov V. Development of a stochastic model of failure of structural materials in creep at hardening stage. *Eastern-European Journ. of Enterprise Technologies*. 2016. V. 3, No. 5 (81). P. 25–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.69653>
29. Gudramovich V. S., Gart E. L., Strunin K. A. Modeling of the behavior of plane-deformable elastic media with elongated elliptic and rectangular inclusions. *Materials Science*. 2017. V. 52, No. 6. P. 768–774. <https://doi.org/10.1007/s11003-017-0020-z>
30. Гудрамович В. С., Клименко Д. В., Гарт Э. Л. Влияние вырезов на прочность цилиндрических отсеков ракет-носителей при неупругом деформировании материала. *Космічна наука і технологія*. 2017. Т. 23, № 6. С. 12–20. <https://doi.org/10.15407/knit2017.06.012>
31. Актуальні проблеми механіки суцільного середовища і міцності конструкцій. Матер. міжн. наук.-техн. конф., присвяч. 100-річчю з дня народж. акад. В. І. Моссаковського. Гол. ред. Поляков М. В., заступн. гол. ред. Гудрамович В. С., Лобода В. В., Хамініч О. В. *Днепр*, 2019. 340 с.
32. Hart E. L., Hudramovich V. S. Application of the projection-iterative scheme of the method of local variations to solving stability problems for thin-walled shell structures under localized actions. *Strength of Materials*. 2018. V. 50, No. 6. P. 852–858. <https://doi.org/10.1007/s11223-019-00031-6>
33. Hudramovich V. S., Sirenko V. N., Daniev Yu. F., Klimenko D. V., Hart E. L. Development of the normative framework methodology for justifying the residual resource of starting buildings constructions of space launch vehicles. *Strength of Materials*. 2019. V. 51, No. 3. P. 333–340. <https://doi.org/10.1007/s11223-019-00079-4>
34. Hudramovich V. S., Hart E. L., Marchenko O. A. Reinforcing inclusion effect on the stress concentration within the spherical shell having an elliptical opening under uniform internal pressure. *Strength of Materials*. 2020. V. 52, No. 6. P. 832–842. <https://doi.org/10.1007/s11223-021-00237-7>
35. Hart E. L., Hudramovich V. S. Projection-iterative schemes for the implementation of variation-grid methods in the problems of elastoplastic deformation of inhomogeneous thin-walled structures. *Journ. of Mathematical Sci.* 2021. V. 254, No. 1. P. 21–38. <https://doi.org/10.1007/s10958-021-05285-7>
36. Гарт Э. Л., Гудрамович В. С. К вопросу о применении проекционно-итерационных модификаций вариационно-сеточных методов к решению упругопластических задач механики конструктивно неоднородных систем. Упругость и неупругость. Матер. межд. науч. симпозиума по проблеме механики деформируемых тел, посв. 110-летию со дня рождения. А. А. Ильюшина. М., 2021. С. 226–234.

Отримано 07.06.2021,
в остаточному варіанті 09.06.2021