

НОРМУВАННЯ МІЦНОСТІ І НАДІЙНОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Інститут технічної механіки

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

Наведено короткий огляд досліджень, проведених в 2014 – 2018 рр. по науковому напрямку Інституту технічної механіки Національної академії наук України й Державного космічного агентства України, затвердженому Президією НАН України: міцність, надійність і оптимізація механічних систем, ракет-носіїв і космічних апаратів. Узагальнено дослідження із впливу локальних навантажень і контактних взаємодій елементів конструкцій, що приводять до концентрації напружено-деформівного стану, появи зон пластичних деформацій і збільшення ризику руйнування при локалізованих впливах. Механізми руйнування, що визначають граничні навантаження й коефіцієнти запасу міцності, будуються при використанні схем ідеально-пластичного матеріалу. Розглянуто схеми прогнозування несучої здатності для тонкостінних конструкцій з урахуванням пластичних деформацій. Запропоновано проєкційно-ітераційні схеми методу локальних варіацій, які дозволяють будувати ефективні розрахункові схеми, що зменшують комп'ютерний час розрахунку в порівнянні з розрахунком на основі звичайного методу локальних варіацій. Розглянуто питання моделювання динаміки й міцності концентруючих систем сонячної енергетики (КССЕ), а також досліджень з віброміцності, міцності при локалізованих навантаженнях, тепломіцності КССЕ, впливу залишкових напружень, що утворюються в технологічних процесах, і розробки рецептур електrolіту для цих процесів. Розроблено способи підвищення показників довговічності матеріалів за рахунок збудження в них самоорганізуючих процесів при енергетичному навантаженні полями різної фізичної природи. Розроблено нормативні основи розрахунку ресурсу конструкцій пускових установок ракет-носіїв. Визначено кількісні і якісні вимоги до надійності технічної системи і її окремих компонентів з умови їхнього забезпечення на стадії проєктування й випробувань. Проаналізовано моделі надійності програмного забезпечення й особливості його відмов. Розглянуті основні підходи до забезпечення надійності програмного забезпечення й відзначено, що існуючі моделі повною мірою не дають можливості практичного застосування для оцінки надійності програмного забезпечення. Виявлено фактори, що впливають на кількість помилок програмного забезпечення, й фактори, що сприяють підвищенню його надійності, й запропоновано шляхи, що дозволяють підвищити надійність програмного забезпечення.

Ключові слова: міцність, надійність, довговічність, технічні системи, залишковий ресурс, проєкційно-ітераційні методи.

1. Гарт Е., Гудрамович В. Проєкційно-ітераційний варіант методу локальних варіацій та його застосування до задач стійкості оболонкових конструкцій при локалізованих навантаженнях. Сучасні проблеми механіки та математики: збірник наукових праць у 3-х т. ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України. 2018. Т. 1. С. 28–29. URL: www.iapmm.lviv.ua/mpmm2018 (дата звернення: 02.09.2018).
2. Гарт Э. Л., Гудрамович В. С. Проекционно-итерационная модификация метода локальных вариаций для задач с квадратичным функционалом. Прикл. математика и механика. 2016. Т. 80. Вып. 2. С. 218–229.
3. Гудрамович В. С., Клименко Д. В., Гарт Э. Л. Влияние вырезов на прочность цилиндрических отсеков ракет-носителей при неупругом деформировании материала. Космична наука і технологія. 2017. 23. № 6. С. 12–20.
4. Гудрамович В. С., Гарт Э. Л., Струнин К. А. Влияние локальных дискретных подкреплений и включений, моделирующих изменения в микроструктуре материала, на прочность элементов корпусов двигателей. XXIII Міжн. конгрес двигунобудівників (3–8 вересня 2018, с.м.т. Коблево, Миколаївська область). Харків, 2018. С. 26.
5. Гудрамович В. С. Влияние отверстий на предельные состояния элементов тонкостенных металлических оболочечно-пластинчатых конструкций. Вісник Дніпропетровського ун-ту. Сер. Механіка. 2014. Вып. 18. Т. 22. С. 47–60.
6. Гудрамович В. С., Гарт Э. Л., Марченко О. А. Влияние формы подкреплений на напружено-деформированный стан цилиндрической оболочки с видовженными прямоугольными отверстиями. Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. праць. Дніпро: Ліра, 2017. Вып. 27. С. 52–64.
7. Гудрамович В. С., Скальський В. Р., Селіванов Ю. М. Голографічне та акустико-емісійне діагностування неоднорідних конструкцій і матеріалів: монографія / за ред. акад. НАНУ З. Т. Назарчука. Львів: Простір-М, 2017. 492 с.
8. Гудрамович В. С., Дзюба А. П., Селіванов Ю. М. К методологии поиска рационального распределения материала тонкостенных элементов конструкций. Техническая механика. 2016. № 3. С. 7–16.
9. Гудрамович В. С., Гарт Э. Л., Струнин К. А. Компьютерное моделирование поведения упругой среды с двумя сопряженными эллипсообразными включениями. Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. праць. Дніпро: Ліра, 2017. Вып. 26. С. 42–50.

10. Гудрамович В. С., Гарт Э. Л. Конечно-элементный анализ процесса рассеянного разрушения плоско-деформированных упругопластических сред с локальными концентраторами напряжений. Упругость и неупругость: Межд. науч. симп. по проблемам мех. деформ. тел, посв. 105-летию со дня рожд. А. А. Ильюшина (январь, 2016 г., Москва, Россия). М.: Изд. МГУ, 2016. С. 158–161.
11. Гудрамович В. С., Дзюба А. П., Селиванов Ю. М. Методы голографической интерферометрии в механике неоднородных тонкостенных конструкций: монография. Днепр: Лира, 2017. 288 с.
12. Гудрамович В. С. Моделирование динамики и прочности концентрирующих систем солнечной энергии. Наука, техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья: Международн. науч. конф. (2015 г., Ашхабад, Туркменистан). Т. 1. С. 148–149.
13. Гудрамович В. С., Гарт Э. Л., Струнин К. А. Моделирование процесса деформирования пластины с упругими протяженными включениями на основе метода конечных элементов. Техническая механика. 2014. № 2. С. 12–23.
14. Гудрамович В. С., Гарт Е. Л., Рябоконь С. А. Моделювання та дослідження впливу підкріплень прямокутних отворів на напружено-деформований стан пластини. Математичні проблеми механіки неоднорідних структур: IX Міжн. наук. конф. (вересень 2014 р., Львів, Україна). Львів: ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАНУ, 2014. С. 43–46.
15. Гудрамович В. С. Об исследованиях в области теории ползучести в Институте технической механики НАН Украины и ГКА Украины. Техническая механика. 2015. № 4. С. 85–91.
16. Гудрамович В. С., Гарт Е. Л. Проекционно-итерационная модификация метода локальных вариаций для задач локальной устойчивости сферических оболочек. Доп. НАН України. 2015. № 8. С. 35–42.
17. Гудрамович В. С., Гарт Е. Л. Скінченно-елементні схеми аналізу процесу розсіяного руйнування пружно-пластичних тіл з локальними концентраторами напружень. Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій: 5 міжнарод. конф. (червень 2014 р., Львів, Україна). Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАНУ, 2014. С. 39–42.
18. Гудрамович В., Гарт Е., Струнін К. Числовий аналіз напружено-деформівного стану плоских середовищ з протяжними включеннями різної жорсткості. Сучасні проблеми термомеханіки. К.:ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАНУ, 2016. С. 78–79.
19. Даниев Ю. Ф., Пошивалов В. П., Резниченко Л. В. Вероятностные модели среднего остаточного ресурса технических систем. Системні технології: Регіональний міжвуз. сб. наук. праць. Дніпро: Нац. металургійна акад. України, 2018. Вип. 2 (115). С. 53–60.
20. Даниев Ю. Ф., Пошивалов В. П., Резниченко Л. В. Общие принципы обеспечения надежности эргатических систем. Системні технології: регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Дніпро: Національна металургійна академія України, 2014. Вип. 1 (90). С. 121–127.
21. Даниев Ю. Ф., Пошивалов В. П., Резниченко Л. В. Системный подход к обеспечению надёжности сложных систем. Системні технології: регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Дніпро: Нац. металургійна акад. України, 2017. Вип. 2 (109). С. 27–34.
22. Гудрамович В., Пошивалов В., Даниєв Ю., Резниченко Л. Імовірнісні підходи при прогнозуванні ресурсу конструкцій на етапі проектування. Сучасні проблеми механіки та математики: зб. наук. праць у 3-х т. Львів: ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України, 2018. Т. 2. С. 177–178. URL: www.iarpm.lviv.ua/mpmm2018 (дата звернення: 02.09.2018).
23. Гудрамович В. С., Репринцев А. В., Рябоконь С. А., Самарская Е. В. Методология оценки ресурса оболочечных конструкций ракетно-космической техники с учетом влияния концентраторов напряжений в виде отверстий-вырезов. Проблемы ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин: зб. наук. ст. К.: ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України, 2015. С. 83–95.
24. Дегтярев А. В., Пилипенко О. В., Гудрамович В. С., Сиренко В. Н., Даниев Ю. Ф., Клименко Д. В., Пошивалов В. П. О классификации стартового оборудования ракетно-космических комплексов при обосновании норм прочности. Космічна наука і технологія. 2016. Т. 22. № 1. С. 3–14.
25. Гудрамович В. С., Пошивалов В. П., Даниев Ю. Ф., Резниченко Л. В., Самарская Е. В., Телегина И. И. О подходах к нормированию прочности конструкций. Математические проблемы технической механики – 2017: межд. науч. конф. (апрель, 2017, Днепр). Днепр, Каменское, 2017. С. 5.
26. Гудрамович В. С., Репринцев А. В., Рябоконь 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.
27. Пошивалов В. П., Даниев Ю. Ф. О моделях надежности программного обеспечения эргатических систем. Техническая механика. 2017. № 4. С. 84–95.
28. Гудрамович В. С., Сиренко В. Н., Даниев Ю. Ф., Пошивалов В. П., Клименко Д. В. Разработка нормативных основ расчета ресурса конструкций пусковых установок ракет-носителей. Динамика, прочность и моделирование в машиностроении: I Межд. научн.-техн. конф. (10 – 14 сентября 2018 г., Харьков, Украина). С. 25.
29. Doyar I., Poshyvalov V. Development of a stochastic model of failure of structural material in creep at hardening stage. Eastern-European Journ. of Enterprise Technologies. 2016. № 3 (5). P. 25–31.
30. Hart E. L., Hudramovych V. S. Projection-iterative schemes for implementation of the finite element method in problems of deformation of plates with holes and inclusions. J. of Math. Sci. 2014. V. 175. No. 2. P. 1–14.
31. Hart E. L., Hudramovych V. S. Projection-iterative modification of the method of local variations for problems with a quadratic functional. J. Appl. Math. Mech. 2016. V. 80. Iss. 2. P. 156–163.

32. *Hudramovych V.* Contact interactions and limit states of the shell-type structures under local loading. Proceedings of 2016 China-Ukraine Forum on Science and Technology (July, 2016, Harbin, China). Harbin, 2016. P. 2–3.
33. *Hudramovych V. S., Hart 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.
34. *Hudramovych 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. Issue 5. P. 595–600.

Отримано 13.09.2018,
в остаточному варіанті 01.10.2018