

УДК 539.3: 621.3

Б. Д. Дробенко<sup>✉</sup>, М. В. Марчук

## РОЗРАХУНКОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУЙНІВНИХ ВИПРОБУВАНЬ РАКЕТНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Експериментальні дослідження механічної поведінки складних конструкцій є доволі обмеженими і надзвичайно коштовними, а застосування спрощених математичних моделей для оцінювання міцності та експлуатаційного ресурсу таких конструкцій може призводити до суттєвих помилок. Тому дослідження механічної поведінки з метою оцінювання руйнівних навантажень складних структурно-неоднорідних конструкцій ракетної техніки все частіше виконують на основі уточнених математичних моделей, які дають можливість урахувати складну форму конструкцій і нелінійну поведінку матеріалів. У роботі запропоновано уточнену математичну модель для визначення руйнівних навантажень за припущення, що переміщення і деформації є великими, а напруження істотно перевищують межу пластичності матеріалів. Задачу сформульовано в межах геометрично нелінійної пружнопластичності. Для її розв'язування використано метод скінченних елементів. На цій основі досліджено напружено-деформований стан бака паливного відсіку ракети за умов, що відповідають руйнівним випробуванням. Отримані значення руйнівних навантажень та області виникнення максимальних напружень у баку добре узгоджуються з результатами руйнівного натурного експерименту. Запропонована методологія дає можливість істотно скоротити кількість натурних експериментів, під час яких конструкцію доводять до руйнування.

**Ключові слова:** математичне та комп'ютерне моделювання, ракетна техніка, міцність, руйнування.

## COMPUTATIONAL MODELING OF DESTRUCTIVE TESTS OF ROCKET STRUCTURES

Experimental evaluations of the mechanical behavior of complex structures are quite limited and extremely expensive. The use of simplified mathematical models to assess the strength and operational resource of such structures can lead to significant errors. Therefore, the investigations of the mechanical behavior of complex structurally inhomogeneous structures of rocketry for evaluation of critical loads are increasingly performed on the basis of refined mathematical models, which encounter the complex shape of structures and the nonlinear behavior of materials. This paper presents a refined mathematical model for the determination of critical loads assuming that displacements and strains are large, and stresses significantly exceed the plasticity limit of materials. The problem is formulated within the framework of the geometrically nonlinear elastoplasticity. The finite element method is used to solve it. On this basis, the stress-strain state of the fuel compartment tank of the rocket is investigated under the conditions corresponding to the destructive tests of the tank. The obtained values of the destructive loads and the places of occurrence of maximum stresses in the tank are in good agreement with the results of the destructive natural experiments. The proposed methodology makes it possible to significantly decrease the number of field experiments during which the construction is brought to destruction.

**Key words:** mathematical and computer modeling, rocketry, strength, destruction.

Ін-т прикл. проблем механіки і математики  
ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів

Одержано  
29.03.23

✉ drobenko@ukr.net