

КОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕТВОРЮВАНОГО ОБ'ЄМУ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В УМОВАХ КОСМІЧНОГО ПРОСТОРУ

Кандала С.М., Боровик Я.В., Волков В.С., Махненко О.В.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, st_kan@ukr.net

Конструкції перетворюваного об'єму знаходять широке застосування в космічній техніці завдяки їх низькій масі та здатності до компактного складання при транспортуванні [1]. Розглянуто конструкції, які мають незначну несучу здатність і не відносяться до класу «космічних платформ».

Створення таких конструкцій може бути реалізовано за допомогою методу послідовного перетворення гладкої конічної оболонки, при якому її ділянки $Q_1 \dots Q_j$ перетворюються в концентричні кільцеві складки компактного диска з хвилеподібним перетином (Рис.1, а). Далі об'єднані в єдину структуру по контурах рівних діаметрів компактні диски із замкнутими торцевими секціями можуть бути розкриті надлишковим тиском у внутрішній порожнині. Коефіцієнт трансформації оболонки K_T , тобто відношення її висоти в розкритому та компактному стані (див. рис.1,б), прямо пропорційний кількості кільцевих складок n і пов'язаний з геометричними параметрами конічної заготовки та її товщиною.

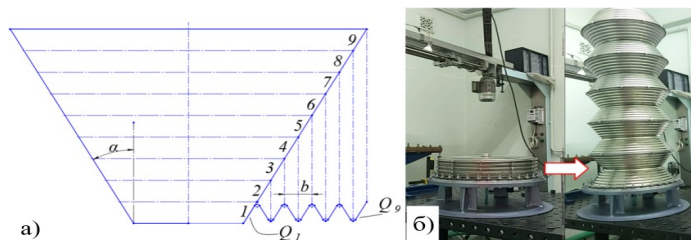


Рис. 1. Перетворення конічної оболонки до компактного стану (а) та розкриття (б).

Розглянута оболонка складається з $N=23$ конусів з максимальним діаметром $D=500$ мм, загальною висотою $H=2500$ мм і товщиною стінки 0.4 мм, коефіцієнт трансформації $K_T \approx 10$.

Проведено визначення методом скінчених елементів НДС конструкції при розкритті в космосі і послідууючій експлуатації. За критерій міцності конструкції прийнято консервативну умову:

$$\sigma^{eqv} < \sigma_{0.2}, \quad (1)$$

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2025», 27–29 травня 2025 р., Львів

де $\sigma_{0,2}=200$ МПа - межа плинності сталі 08Х18Н10Т, σ^{eqv} – напруження за Мізесом. При навантаженні надлишковим тиском в процесі розкриття максимальні напруження зосереджені в області кільцевих з'єднань на стику малих діаметрів і не перевищують граничних напружень (Рис. 2а).

Основні навантаження при експлуатації закріпленої у основи оболонки у вигляді лінійних та кутових прискорень і з урахуванням коефіцієнта безпеки $\eta = 2$ становлять: $a_x = a_y = 12$ м/с², $a_z = 9$ м/с², $\epsilon_x = \epsilon_y = 1,4$ рад/с², $\epsilon_z = 0,4$ рад/с² [2], де вісь Z відповідає осьовому напрямку конструкції. На вершині конструкції закріплений вантаж. Результати розрахунку показали, що маса корисного навантаження 20 кг є граничною (Рис. 2б).

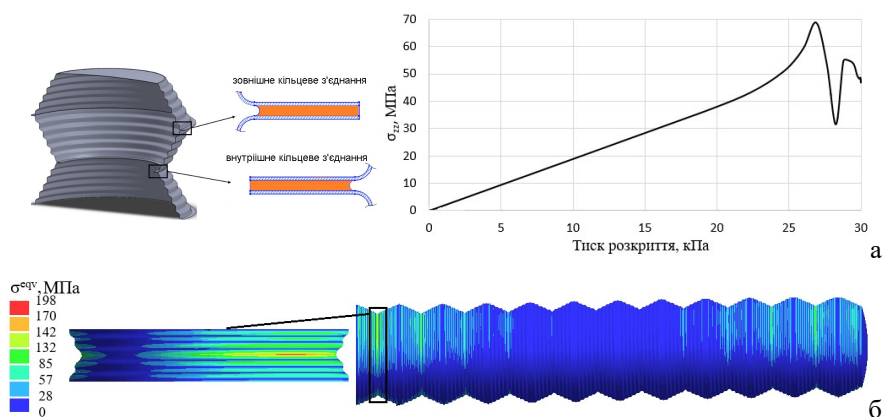


Рис.2 Кінетика максимальних напружень в зоні кільцевого з'єднання при розкритті (а) і максимальні еквівалентні напруження в конструкції при експлуатації (б).

1. Schenk M., Viquerat A., Seffen K., Guest S. Review of inflatable booms for deployable space structures: Packing and rigidization. J. Spacecraft and Rockets. 2014 May; 51(3).
2. Lobanov L.M., Volkov V.S., Yakimkin O. Construction methods and comparative evaluation of metal deployable load-carrying shell structures // Journal of Aerospace Technology and Management. – 2018. – vol. 10.

DEPLOYABLE STRUCTURES FOR APPLICATION IN SPACE CONDITIONS

Deployable shells are increasingly used in aerospace engineering due to their ability to be compactly folded for the extremely important saving of usable space during a space launch. High compactness, low mass with sufficient tightness are the main functional qualities of structures of this class, and their best combination is a relevant area of research. Modeling the behavior of a deployable structure with circular welded joints and with a fixed payload at the top under the action of inertial loads specified in the form of accelerations shows the possible effective use of such welded structures as a load-bearing element.