

**М.С. Бахтар, студент**  
**В.А. Ковальов, проф., д.т.н.**

*Національний технічний університет України*  
*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРТЯ І КОЛИВАНЬ В ЯЗКОЇ РІДИНИ У ПАЛИВНИХ БАКАХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ**

Однією з найважливіших науково-технічних проблем ракетно-космічної техніки є забезпечення поздовжньої стійкості рідинних ракет-носіїв (РН). Поздовжні коливання конструкції рідинних РН, що розвиваються при їх поздовжній нестійкості, можуть привести до наднормативних навантажень на елементи конструкції, порушення її цілісності, пошкодження виведеного корисного вантажу та інших аварійних ситуацій. У зв'язку з цим прогнозування динамічних навантажень на елементи конструкції РН при поздовжньої нестійкості являється актуальним завданням, що вимагає свого вирішення при проектуванні і модернізації рідинних РН.

Проведено дослідження визначення напружено-деформованого стану оболонкових елементів конструкцій рідинних РН при поздовжніх коливаннях. Розроблено методику визначення параметрів просторових коливань складних оболонкових конструкцій з рідиною з використанням тимчасових засобів кінцево-елементного аналізу.

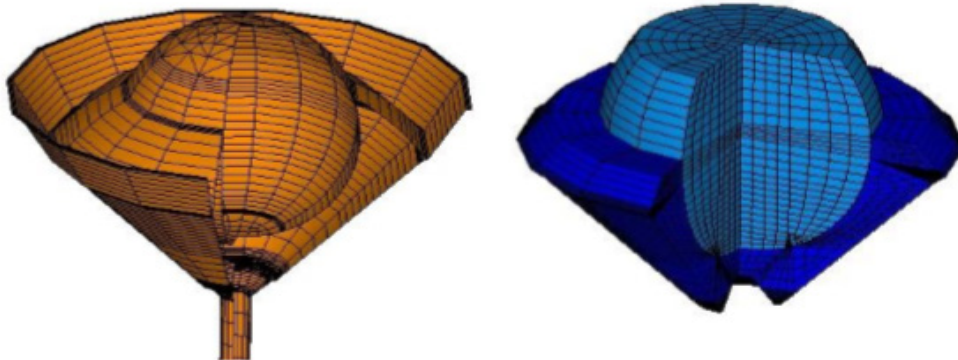


Рисунок 1 – Звичайно-елементне уявлення досліджуваної оболонкової конструкції і її рідкого заповнення: *ліворуч* - кінцево-елементне уявлення оболонкової конструкції; *праворуч* - звичайно-елементне уявлення рідкого заповнення

Виконано математичне моделювання просторових коливань частково заповненою рідиною сфероконічною оболонкою конструкції, яку передбачається використовувати в якості паливного відсіку.

Розвинений метод визначення напружено-деформованого стану та динамічних навантажень на оболонкові елементи конструкції рідинної ракети при її поздовжньої нестійкості в період роботи маршової РРДУ першого ступеня представлений на рис. 2 та рис. 3.

Представлені форми поздовжніх і поперечних коливань оболонкової конструкції і її рідкого заповнення. Елементи оболонкового типу зображені без відображення товщини стінок, масштаб деформацій елементів конструкції для наочності збільшений. З аналізу форм коливань підсистем "рідина в конічному баку - оболонкова конструкція" і "рідина в сферичному баку – оболонкова конструкція" визначено, що частоти  $f_{Z01} \ll f_{Z09}$ ,  $f_{Z011}$ , пов'язані з коливальним рухом вільної поверхні рідини в конічному баку, а частота  $f_{Z010}$  - з рухом вільної поверхні рідини в сферичному і конічному баках.

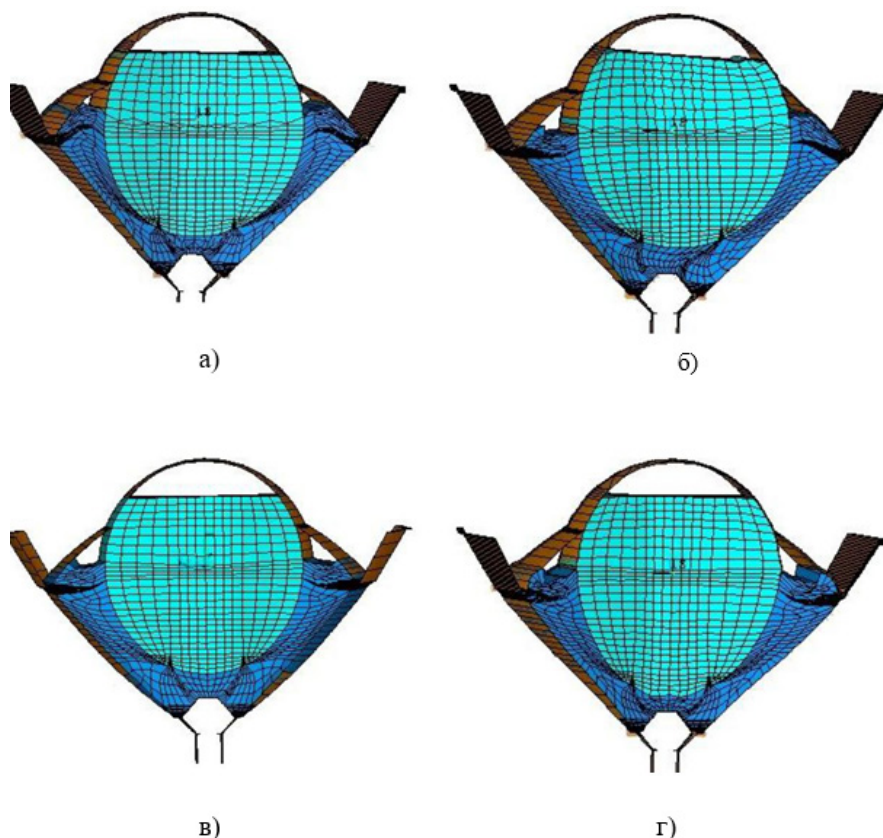


Рисунок 2 – Форми коливань оболонкової конструкції з рідиною з частотам

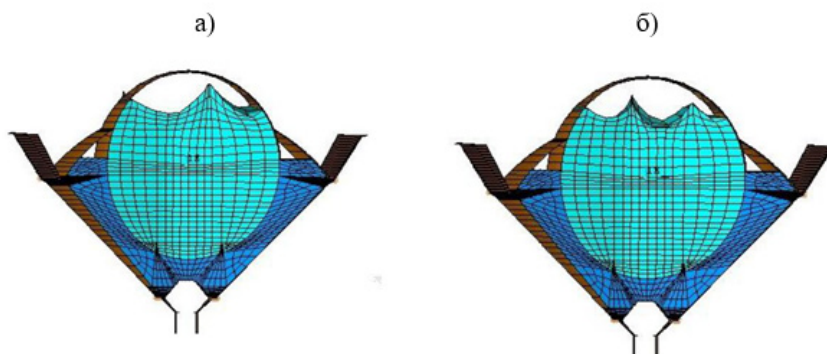


Рисунок 3 – Форми коливань вільної поверхні рідини в баках оболонкової конструкції з частотами

Завдяки проведеному моделюванню визначено параметри власних поздовжніх коливань ступені при різному ступені заповнення баків рідиною і напружено-деформований стан оболонкових елементів конструкції паливного відсіку ступені при поздовжніх коливаннях. Визначені залежності амплітуд коливань тиску рідини на днищах баків від простоти поздовжнього порушення конструкції з урахуванням динамічного взаємодії пов'язаних баків і демпфірування коливань рідини.

#### Список літератури

1. Николаев А. Д. Математическое моделирование пространственных колебаний жидкости в цилиндрическом баке при продольных вибрациях его конструкции / А. Д. Николаев, И. Д. Блоха // Техническая механика. – 2012. – №2. – С. 14 – 22.