

КАРПІК А. О., СТРЕЛЬНИКОВА О. О., д-р техн. наук, професор

КОЛИВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ З ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ ТА МЕМБРАНИ ПРИ ЧАСТКОВОМУ ЗАПОВНЕННІ РІДИНОЮ

В зв'язку з видобутком нафти і газу, необхідністю зберігання, транспортування і переробки всіляких хімічних речовин набули актуальності проблеми міцності і ресурсу оболонок резервуарів.

Особливий інтерес представляють резервуари для зберігання нафтопродуктів з плаваючими кришками. Плаваючі кришки призначені для зниження втрат нафти і нафтопродуктів, від випаровування з вертикальних циліндричних резервуарів без стаціонарної кришки.

Моделлю резервуару с плаваючими кришками є конструкція з циліндричної оболонки та мембрани при частковому заповненні рідиною.

Розглядається задача про спільні коливання циліндричної оболонки, частково заповненою рідиною, на поверхні якої плаває мембрана. Оболонка припускається жорсткою. Рідина - ідеальна нестислива. Рух рідини викликаний малими коливаннями оболонки і мембрани та є потенційним. Це є наслідком теореми Томпсона про сталість циркуляції в ідеальній нестисливій рідині.

Задача про коливання рідини в оболонці розглянута в роботі [1]. В даній роботі розглянута задача про спільні коливання мембрани на вільній поверхні рідини, що знаходиться в жорсткій оболонці (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} a^2 \Delta w = \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2}; \quad \dot{w}_r(R, \theta) = 0; \\ \Delta \varphi = 0; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial n} \Big|_{S_w} = 0; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial n} \Big|_{S_d} = 0; \\ \frac{\partial \varphi}{\partial n} = \xi_0(x, y, t) \Big|_{S_0}; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial t} - g \xi_0(x, y, t) + a(t)x = 0 \Big|_{z=H}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Загальне рішення задачі для коливань мембрани має вигляд:

$$w(r, \theta, t) = \sum_{m=1}^{\infty} d_m^0(t) I_0 \left(\frac{\mu_m^0}{R} r \right) + \left[\sum_{k=1}^{\infty} d_k^1(t) I_1 \left(\frac{\mu_k^1}{R} r \right) \right] \cos \theta. \quad (2)$$

Функція прогину представлена в аналітичному вигляді рядів Фур'є - Беселя, причому ряди Фур'є отримано за окружною координатою, а Беселя – за радіальною.

Зазвичай конструкція резервуара сама є складною системою, рідина, взаємодіюча з поверхнею конструкції в процесі спільних коливань, істотно ускладнює задачу дослідження її динамічних характеристик.

Циліндрична оболонка, заповнена рідиною характеризується хвильовим рівнянням руху рідини в циліндричних координатах (3) :

$$\frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}. \quad (3)$$

Потенціал швидкостей (4):

$$\varphi(r, z, \theta, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \dot{g}_m^0(t) I_0 \left(\frac{\mu_m^{(0)} r}{R} \right) \operatorname{ch} \frac{\mu_m^{(1)}}{R} z + \left[\sum_{k=1}^{\infty} \dot{g}_k^1(t) I_1 \left(\frac{\mu_k^{(1)} r}{R} \right) \operatorname{ch} \frac{\mu_k^{(1)}}{R} z \right] \cos \theta. \quad (4)$$

На рисунку зображені коливання вільної поверхні рідини в оболонці

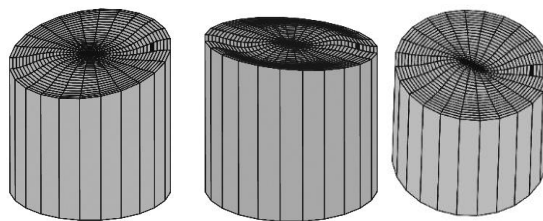


Рис. – Форми коливань вільної поверхні рідини в оболонці

Присутність рідини приводить до зміни власних частот і форм конструкції в порівнянні з коливаннями в пустоті, додатковому гідродинамічному тиску на стінки та дно резервуару. Наявність мембрани суттєво зменшує амплітуди коливань рідини. Це дає змогу гасіння коливань заповнювача в цистернах. Для тонкостінних конструкцій гідродинамічний розрахунок може виявитися основним, оскільки маса рідини, що заповнює резервуар, значно перевищує масу самого резервуару.

Список літератури: *E. S., Ventsel, V. Naumenko, E. Strelnikova, E. Yeseleva. Free vibrations of shells of revolution filled with a fluid. Engineering analysis with boundary elements, №34, 2010, 862 p.*

УДК 621.396

КОРНІЄЦЬ Д. А., БАГМУТ І. О.

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОГО ВОЄННО-СТРАТЕГІЧНОГО СИМУЛЯТОРА. РОЗРОБКА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Вступ. Сучасний рівень технологій дозволяє відтворювати і моделювати здавалось би найнеймовірніші процеси. Для економії засобів та дорогоцінного