

SHARSIMON QOBIQ DINAMIKASI QISMAN SUYUQLIK BILAN TO'LDIRISH

ДИНАМИКА СФЕРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ЧАСТИЧНО ЗАПОЛНЕННОЙ ЖИДКОСТЬЮ

SPHERICAL SHELL DYNAMICS PARTIALLY FILLED WITH LIQUID

M.Kamalitdinov¹, T.Mavlanov²¹М.Камалитдинов

– Наманганский инженерно-технологический институт кандидат технических наук, доцент.,

²Т.Мавланов

– Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти доктор технических наук, профессор

Annotatsiya

Maqolada beboshlik bilan chegara shartlari, devor qalinligining o'zgaruvchanligi va o'zboshimchalik bilan to'ldirish darajasini hisobga olgan holda, qisman suyuqlik bilan to'ldirilgan sharsimon qobiqlarning dinamik xususiyatlarini hisoblash usuli ko'rib chiqiladi. Shu bilan birga, qisman suyuqlik bilan to'ldirilgan sharsimon qobiqning tebranishlari muammosini soddalashtirilgan hal qilish usuli taqdim etilgan.

Olingan raqamli natijalarni tahlil qilishdan suyuqlik bilan to'ldirilgan sharsimon qobiqning tebranish shakli tebranish xarakteriga ega ekanligi ko'rinadi. Qobiq tebranishlarining amplitudasi uni to'ldirish darajasining o'zgarishi bilan ortadi.

Аннотация

В работе рассмотрено методика расчета динамических характеристик сферических оболочек, частично заполненных жидкостью, с учетом произвольных граничных условий, переменной толщины стенок и произвольного уровня заполнения. При этом приведен метод упрощенного решения задачи о колебаниях сферической оболочки, частично заполненной жидкостью.

Из анализа полученных численных результатов следует, что форма колебаний сферической оболочки, заполненной жидкостью носит колебательный характер. Амплитуда колебаний оболочки при изменении уровня ее заполнения возрастают.

Abstract

The paper considers a method for calculating the dynamic characteristics of spherical shells partially filled with a liquid, taking into account arbitrary boundary conditions, wall thickness variability, and an arbitrary filling level. At the same time, a method for a simplified solution of the problem of vibrations of a spherical shell partially filled with liquid is presented.

From the analysis of the obtained numerical results, it follows that the form of vibrations of a spherical shell filled with liquid is of an oscillatory nature. The amplitude of the shell vibrations increases with a change in the level of its filling.

Kalit so'zlar: sharlar, qobiqlar, gidrotexnologiya, suyuqliklar, vazifalar, usul, maqsad, nazariya, funksiyalar, matritsa.

Ключевые слова: сферы, оболочки, гидротех, жидкости, задач, метод, целью, теории, функции, матрица.

Key words: spheres, shells, hydrotech, fluids, tasks, method, purpose, theory, functions, matrix.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка метода расчета динамических характеристик сферических оболочек, широко применяющих в гидротехнических сооружениях, имеет большое практическое значение.

АНАЛИЗ И МЕТОДЫ

Рассмотрим достаточно общий метод определения динамических характеристик вязко-упругих сферических оболочек, частично заполненных жидкостью, с учетом произвольных граничных условий, переменной толщины стенок и произвольного уровня заполнения (рис.1). На этом рисунке представлена сферическая оболочка, частично заполненная жидкостью. Обозначим область, занятую жидкостью, через Q , смоченную поверхность оболочки – через S_0 свободную поверхность жидкости – через S , а внешнюю нормаль к срединной поверхности оболочки – через n .

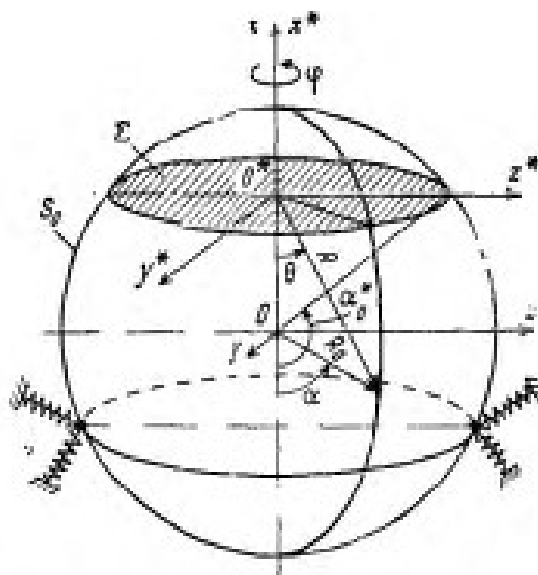


Рис.1. Сферическая оболочка, частично заполненная жидкостью.

Уравнения колебаний сферической оболочки, частично заполненной жидкостью, и соответствующие граничные условия можно получить с учетом возможных перемещений по методике, приведенной в работе [1-3]:

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При этом упрощенные решения задачи о колебаниях сферической оболочки, частично заполненной жидкостью, с целью получения приближенных численных результатов может быть достигнуто различными путями. Например:

1. Определение гидродинамические силы из решения приближенных краевых задач.
2. Построение приближенных решений уравнений колебаний оболочки с жидкостью.
3. Использование более простых вариантов теории сферических оболочек.

В качестве давления жидкости на сферическую оболочку примем приближенное выражение, полученное в [2]

$$\Phi = \sum_{k=1}^{\infty} \varphi_k \frac{1}{\chi_k^2} \int_s w \varphi_k ds \quad (1)$$

В том случае, когда возможно разделения переменных, φ_k , χ_k определяются в явном виде.

$$\varphi_k = \frac{1}{R_0} \sqrt{\frac{1}{\pi h} \frac{I_0(\beta_k r)}{I_0(\beta_k)}}; \quad \chi_k^2 = \beta_k \frac{I_1(\beta_k)}{I_0(\beta_k)}, \quad (3)$$

где $r = R/R_0$; $h = H/R_0$; $\alpha = x/R_0$; $\beta_k = \frac{2k-1}{2h}\pi$; R_0 – радиус срединной поверхности; H – уровень жидкости; I_0, I_1 – функции Бесселя.

В частности из (1) для определения колебаний оболочки, заполненной жидкостью, получим:

$$\begin{aligned} L_{i1}(u_1) + L_{i2}(u_2) + L_{i3}(w) &= \rho \delta \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} + F_i(\alpha, \beta, t), \quad i = 1, 2; \\ L_{31}(u_1) + L_{32}(u_2) + L_{33}(w) &= \rho \delta \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \rho_0 R_0 \sum_{k=1}^{\infty} \varphi_k \frac{1}{\chi_k^2} \int_s \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \varphi_k ds + F_3(\alpha, \beta, t), \end{aligned} \quad (4)$$

где L_{ij} – известные дифференциальные операторы, используемые в теории оболочек [3]; ρ, ρ_0 – массовые плотности материала оболочки и жидкости; R_0 – характерный размер оболочки; u_i, w – касательные и нормальное перемещения; α, β – ортогональные координаты, определяющие положения произвольной точки на срединной поверхности; n – внешняя нормаль к этой поверхности; F_i, F_3 – внешние силы, действующие на оболочку.

Таким образом, поставленная задача гидр упругости оболочек сводится к интегрированию краевых задач (4) с заданными граничными условиями. Краевая задача решается методом сведения краевой задачи к задачам Коши [2-5], которые интегрируются численным методом.

Для этого в качестве новых неизвестных введем вектор переменных Y . Тогда уравнение (4) в новых переменных можно записать следующим образом:

$$\frac{dY}{d\alpha} = \|a_{ij}(\alpha)\| Y + F, \quad i, j = 1, 2, \dots, 8, \quad (5)$$

где Y – матрица столбец из новых переменных; $\|a_{ij}(\alpha)\|$ – квадратная матрица, элементы которой известны, если задано контурное уравнение;

F – матрица столбец, ненулевые компоненты которой в нашем случае равны

$$F_6 = -\frac{\lambda^2}{c^2} \frac{A}{R_0} a \frac{\varphi_k}{\chi_k}; \quad c^2 = \frac{\delta^2}{12R_0^2}. \quad (6)$$

Для вычислений, в качестве материала оболочки, был взят сталь, в качестве заполнителя – вода, в качестве характерного размера – радиус оболочки. $\gamma = 3$; $R/\delta = 100$; $\alpha = 109.2$; $\mu = 0.3$; $\alpha = 0.098$; $\bar{p} = 0.01$,

На рис.2 дана изменение форм собственных колебаний сферической оболочки, частично заполненной жидкостью.

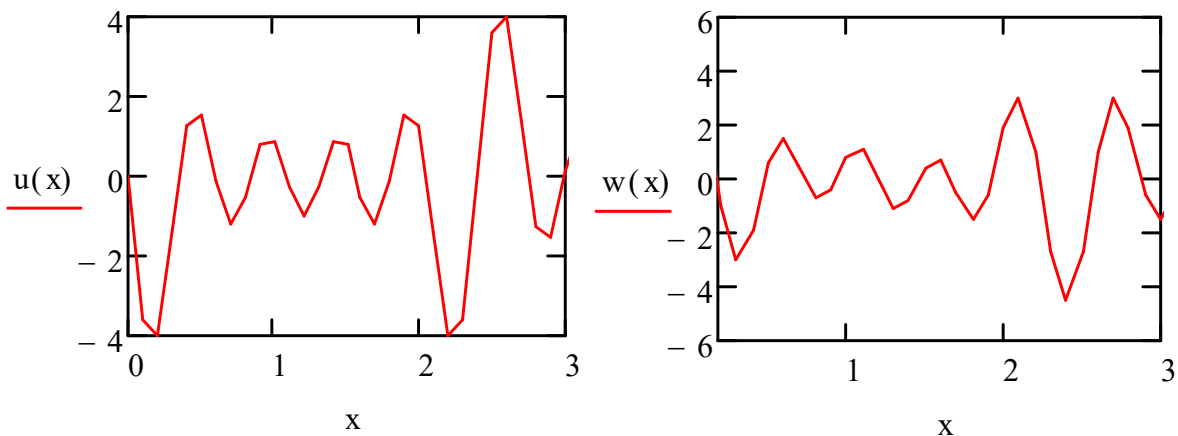


Рис.2. Форма собственных колебаний сферической оболочки, частично заполненной жидкостью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа полученных численных результатов следует, что форма колебаний сферической оболочки, заполненной жидкостью носит колебательный характер. Амплитуда колебаний оболочки при изменении уровня ее заполнения возрастают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильюшин А.А., Победря Б.Е. Основы математической теории термо-вязкоупругости, М.: Наука, 1970. –С.280 с.
2. Григоренко Я.М., Василенко А.Т. Методы расчета оболочек. Т.4, Теория оболочек переменной жесткости. - Киев, Наук. думка-1981-543 с.
3. Кармишин А.В., Лясковец В.А., Мяченков В.И., Фролов А.Н. Статика и динамика тонкостенных оболочечных конструкций. - Мс: Машиностроение, 1975.-376 с.
4. Мяченков В.И., Мальцев В.П. Методы и алгоритмы расчета пространственных конструкций на ЭШ ЕС. - М.: Машиностроение, 1984»- 278 с.
5. М.А. Колтунов, В.П.Майборода, А.С.Кравчук. Прикладная механика деформируемого твердого тела, В.ш., М.: 1983,-350 с.
6. Мавлянов Т., Каримов А. Об одном методе решения задачи динамической устойчивости тонкостенных вязкоупругих конструкций // Механика композитных материалов -№ 5.-1980.
7. Мавлянов Т., Колтунов М.А. Исследование колебаний вязко-упругих ортотропных оболочек в различных средах// Механика полимеров; №5,1975.