Выводы

Кинетическая архитектура – это сочетание необычных архитектурно-инженерных решений, нестандартное проектирование и индивидуальный динамический внешний вид здания. Будущее кинетической архитектуры - за проектами, которые смогут соединить в себе интеллектуальные инженерные решения, грамотное проектирование и привлекательный внешний вид. Кинетическая архитектура - это архитектура будущего.

Использованные источники:

1.https://life.ru/t/дом/890980/kinietichieskaia_arkhitiektura_doma_kotoryie_umieiut_dvighatsia

2. http://www.artoblaka.ru/blog/kineticheskaya-arhitektura-podvizhnost-nepodv/

3. https://afkon.ru/posts/1813182

УДК 624.3

К РАСЧЕТУ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СТРЕЛЫ ПОДЪЕМА

***Ющенко П. М.**, гр. ПГС-609(м).*

Научный руководитель – д.т.н., проф. ***Крутий Ю.С.***

Теория пологих оболочек [1], созданная, в первую очередь, трудами В.З. Власова [2] и в дальнейшем развитая в различных направлениях трудами А.А. Назарова, А.Л. Гольденвейзера, А.Р. Ржаницына, В.В. Новожилова, П.М. Огибалова, М.А. Колтунова и др., задачу расчета пологой оболочки сводит к решению краевой задачи для системы дифференциальных уравнений в частных производных. Подобные задачи решались либо аналитическими методами, такими как методы двойных тригонометрических рядов (метод Навье) или одинарных гиперболотригонометрических рядов (метод Леви), либо приближенными, например, вариационными методами, методом конечных разностей (МКР), методом конечных элементов (МКЭ), методом граничных элементов (МГЭ) [3 – 5].

Система дифференциальных уравнений теории пологих оболочек имеет вид

$$\begin{cases} k_1 \dfrac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + k_2 \dfrac{\partial^2 \varphi}{\partial \tilde{o}^2} + D\left(\dfrac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2\dfrac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \dfrac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) - p_3 = 0; \\ \dfrac{1}{Eh}\left(\dfrac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2\dfrac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \dfrac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} \right) - \left(k_1 \dfrac{\partial^2 w}{\partial y^2} + k_2 \dfrac{\partial^2 w}{\partial \tilde{o}^2} \right) = 0, \end{cases}$$

где h — толщина оболочки; D — цилиндрическая жесткость; μ — коэффициент Пуассона.

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} .$$

Рассмотрим пологую оболочку при следующих исходных данных: $a = 10м; b = 12м; E = 2 \cdot 10^7 кПа; \mu = 0;\ f = 2м; h = 0{,}1м; q = 10кН / м^2$.

Будем считать, что оболочка закреплена шарнирно по всему контуру, и загружена по всей поверхности вертикальной равномерно распределенной нагрузкой q.

Поверхность оболочки представляет собой эллиптический параболоид:

$$z = f\left[1 - \frac{(2x-a)^2}{2a^2} - \frac{(2y-b)^2}{2b^2} \right].$$

При шарнирном закреплении кромок прогибы и изгибающие моменты будут равны нулю по всему контуру, поэтому граничные условия имеют вид

$w = w'' = 0$ при $x = 0,\ \ x = a;$

$w = w'' = 0$ при $y = 0,\ \ y = b.$

Для исследования влияния пологости оболочки на точность результатов расчета методом двойных тригонометрических рядов выполним необходимые вычисления при трех разных значениях стрелы подъема при прочих равных условиях, т.е. при шарнирном опирании всех краев оболочки, постоянных размерах в плане a, b, одинаковой толщине h и упругих характеристиках $E,\ \mu$.

Примем следующие исходные данные:

$a = 10м;\ b = 12м;\ E = 2 \cdot 10^7 кПа;\ h = 0{,}1м;\ \mu = 0;\ q = 10 kH / м^2.$

Чтобы удовлетворять определению пологости оболочки, должно выполняться условие

$$f \le \frac{1}{5}\min(a,b) ,$$

что при принятых исходных данных означает

$$f \le \frac{a}{5} = 2\,м\,;$$

В этой связи рассмотрим три варианта f :

$f_1 = 0,2м;\ \ f_2 = 1м;\ \ f_3 = 2м$ (предельный случай).

Результаты расчета приведены в табл. 1.

Эта же задача решена методом конечных элементов в программах ANSYS [6] и Selena.

Таблица 1

Сравнение относительных результатов расчета

	Стрела подъема	Прогиб в центре	Максимальные напряжения
Аналитически	$f_1 = 0,2м$	1,0	1,0
	$f_2 = 1м$	1,0	1,0
	$f_3 = 2м$	1,0	1,0
ANSYS	$f_1 = 0,2м$	1,0	1,05
	$f_2 = 1м$	1,02	1,06
	$f_3 = 2м$	1,02	1,08
Selena	$f_1 = 0,2м$	1,02	1,06
	$f_2 = 1м$	1,1	1,12
	$f_3 = 2м$	1,13	1,2

Анализ табл. 1 показывает, что при использовании программы Selena различия в результатах несколько возрастают, что, по-видимому, связано с основным назначением программы, которая изначально позиционируется, как средство для анализа напряженно-деформированного состояния, в первую очередь, сложных стержневых систем, поэтому стандартные оболочечные конечные элементы пакета Selena значительно уступают аналогичным конечным элементам программы ANSYS.

Литература

1. Авдонин А.С. Прикладные методы расчета оболочек и тонкостенных конструкций / А.С. Авдонин — М.: Машиностроение, 1969. — 404 с.

2. Власов В.З. Общая теория оболочек и ее приложения в технике / В.З. Власов — М.-Л.: Гостехиздат, 1948. — 784 с.

3. Колкунов Н.В. Основы расчета упругих оболочек / Н.В. Колкунов — М.: Высшая школа, 1972. - 296 с.

4. Сурьянинов Н.Г. Строительная механика плоских и пространственных систем: Уч. пособие / Н.Г. Сурьянинов. — Одесса: Астропринт, 2012.- 408с.

5. Тимошенко С.П. Пластинки и оболочки / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. - М.: Наука, 1996. - 636 с.

6. Дащенко А. Ф. ANSYS в задачах инженерной механики / А. Ф. Дащенко, Д. В. Лазарева, Н. Г. Сурьянинов / Изд. 2-е, перераб. и доп. Под ред. Н. Г. Сурьянинова. - Одесса. - Пальмира, 2011. - 505 с.