

Раціональні металеві каркаси куполів громадських будівель

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено експериментальне дослідження впливу стрільчатості на найбільш навантажений сегмент ферми ребра куполу, аналіз і порівняння роботи скінчено-елементних моделей куполу діаметром 8,9 м з різним відношенням діаметру до висоти стріли.

Ключові слова: купол, металевий купол, скінчено-елементна модель, аналіз, дослідження.

Abstract

In the paper an experimental study of the impact of shooting on the most loaded segment of the farm of the dome edge, an analysis and comparison of the work of finite-element models of a dome with a diameter of 8.9 m, with a different ratio of diameter to the height of the arrow has been carried out.

Keywords: dome, metal dome, finite element model, analysis, research.

З появою і подальшим удосконаленням розрахункових комплексів пошук оптимальних рішень будівельних просторових конструкцій взагалі та куполів зокрема отримав друге дихання, оскільки час потрібний на розрахунок значно зменшився, а точність розрахунку збільшилась.

Куполи є однією з найбільш економічних та архітектурно виразних конструктивних форм покриття будівель. Їх конструкції можуть бути ребристими, ребристо-кільцевими та сітчастими. Найбільш визначними будівлями з куполами є покриття конференц-залу в штаті Невада (США) діаметром 81,5 м. та виставковий зал в Північній Кароліні (США) діаметром 100 м.

Метою дослідження є вивчення роботи найбільш напруженого сегменту ферми, що є ребром, куполу при різних відношеннях D/h .

Для прикладу розглянуто купол для реальної будівлі, що планується до зведення, у місті Вінниці. Компонувальні параметри будівлі допускають улаштування куполу діаметром 8,9 м. Для нього розроблено три скінчено-елементні моделі напружено-деформованого стану каркасу куполів в програмному комплексі «Lira-SAPR» з різними співвідношеннями діаметру куполу до висоти стріли. До кожної з моделей прикладано кліматичні навантаження і власна вага.

Для моделі каркаса куполу (рис. 1) приймалися стержні з типом скінченого елемента «скінчений елемент просторової рами», зв'язки у опорних вузлах приймалися у відповідності до прийнятого конструктивного рішення у вигляді сферичних шарнірів. Зашивка зі світлопрозорого триплекса моделювалася пластинчастими скінченими елементами. Кліматичні навантаження розраховані за ДБН В.1.2-2:2006. Попередні жорсткісні характеристики стрижневих елементів прийняті за результатами аналітичного розрахунку міцності у вигляді квадратної профільованої труби з товщиною стінки 2 мм.

Після виконання низки чисельних розрахунків моделі були отримано дані, на основі яких було проведено аналіз і порівняння роботи варіантів каркасу куполів (таблиці 1 та 2).



4
3
2 1

Рисунок 1 – Схема металевого каркаса куполу

Таблиця 1 – Зусилля в найбільш навантажених стрижнях моделей куполів

	Номер стержня	Зусилля, N, кН	Несуча здатність, %
Еталонний купол D / h = 2,5	1	-3,2214	24
	2	-1,8302	13,6
	3	-1,4364	10,7
	4	0,7319	5,5
Купол D / h = 2,0	1	-3,5738	26,6
	2	-2,0751	15,5
	3	-2,9293	21,8
	4	1,3025	9,7
Купол D / h = 1,5	1	-5,0373	37,5
	2	3,7256	27,8
	3	-4,0969	30,5
	4	1,86	13,9

По результатам таблиці 1 можна побачити, що найбільш навантаженими стержнями в куполі з $D/h = 2,5$ є стержні 1 та 2, тоді як в куполах з відношенням $D/h = 2,0$ та $1,5$ – стержні 1 та 3. Також в куполі з $D/h = 1,5$ навантаження в стержні 2 змінює свій знак, тобто зусилля змінюється зі стиску до розтягу. Також можна зробити висновок, що у купола з $D/h = 2,0$, у порівнянні з куполом з $D/h = 2,5$ зростання коефіцієнта використання несучої здатності незначне, тоді як у куполу з $D/h = 1,5$ відбувається значне зростання значень використання перерізу стрижнів.

У таблиці 2 виконано порівняння зусиль у стержнях. Зусилля в стержнях еталонного куполу (з $D/h = 2,5$) взято за 100%

Таблиця 2 – Порівняння зусиль в стержнях

	Номер стержня			
	1	2	3	4
D / h = 2,5	100%	100%	100%	100%
D / h = 2,0	110,94%	113,38%	203,93%	177,96%
D / h = 1,5	156,37%	203,56%	285,22%	254,13%

Аналіз результатів таблиці 2 доводить, що зі збільшенням висоти стріли напруження у елементах каркасу зростають, причому збільшення зусиль у стрижні 4 – лінійне, у стрижні 3 – зусилля зменшуються по параболі, а у стрижнях 1 та 2 – збільшуються по параболі.

По результатам досліджень було вивчено вплив стрільчатості конструкції на роботу опорного сегменту ферми ребра, розроблено скінчено-елементні моделі куполів з різним відношенням D/h . Також було розроблено раціональну конструкцію куполу для будівлі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Молев И. В. Конструктивные разработки, экспериментально-теоретические исследования и внедрения стальных куполов: дис ... д-ра техн. наук / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. Нижний Новгород, 1998. 449 с.
2. Самохвалов И. Ф., Пахомов А. И., Трянина Н. Ю. Сравнительный анализ работы сетчатых куполов среднего диаметра в зависимости от их формы. Современные тенденции развития науки и технологий. Белгород: Эпицентр, 2015. Ч. 6.
3. Попов В.О., Кошівський О. С. Розроблення скінчено-елементної моделі напружено-деформованого стану куполу з умов оптимального проектування. Сучасні технології, матеріали, конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця. ВНТУ. 2012. Т. 12-1. С. 11-15..

Агафонов Дмитро Олегович – магістрант Вінницького національного технічного університету, e-mail: teamwest93@gmail.com;

Ahafonov Dmytro Olegovich – undergraduate of Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia; e-mail: teamwest93@gmail.com.