

РАЦІОНАЛЬНІ ГЕОДЕЗИЧНІ СТРИЖНЕВІ КУПОЛЬНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ПЕРЕСУВНИХ ПЛАНЕТАРІЇВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У науковій роботі описано принцип побудови раціональних каркасів пересувних планетаріїв у вигляді геодезичних стрижневих куполів, зашитих тентовим покриттям, що підтримує внутрішній проекційний екран. Розглянуто переваги геодезичних стрижневих куполів над іншими каркасними системами, а також, принципи їх роботи під дією кліматичних навантажень. Описано можливі раціональні способи прикріплення стрижневих куполів до основи. Окреслено напрямки подальших наукових досліджень, спрямованих на пошук раціональних конструктивних рішень стрижневих купольних систем для планетаріїв з урахуванням варіантного підходу до способів анкерування куполів.

Ключові слова: геодезичний купол, стрижнева система, тентове покриття, напружено-деформований стан, кліматичні впливи, втрата стійкості.

Abstract

The scientific work have been described the design of rational frames of mobile planetariums in the form of geodesic rod domes, sewn with an awning covering that supports the internal projection screen. Have been considered the advantages of geodesic rod domes over other frame systems, as well as the principles of their operation under the influence of climatic loads. Have been described possible rational ways of anchoring rod domes to the base. Have been outlined the directions of further scientific research aimed at finding rational constructive solutions of rod dome systems for planetariums, taking into account a variant approach to methods of anchoring domes.

Key words: geodesic dome, rod system, awning covering, stress strain state, climatic influences, loss of stability.

Вступ

Ця наукова робота є логічним продовженням досліджень, викладених у [1 – 5], присвячених раціональним геодезичним куполам, які використовуються в основному для створення малих архітектурних форм, теплиць, торговельних павільйонів та планетаріїв без стаціонарного фундаменту.

На сьогодні відомо, що геодезичні куполи, у вигляді каркасних стрижневих систем, запатентовані у 50-тих роках ХХ сторіччя. Їх сферична чи, рідше, еліптична форма володіє надзвичайно високою архітектурною виразністю. Тому геодезичні куполи з обшивкою (покриттям) та без обшивки (власне металевий стрижневий каркас) з кінця минулого сторіччя широко використовуються у господарстві. В нашій державі геодезичні куполи різної конструкції почали з'являтися протягом останнього десятиріччя. Основними вітчизняними виробниками на сьогодні є фірми Ecorod, Cupol-Space, ПП «Кедр», ТОВ «PromoZR», ТОВ «Авіліон» [1].

Сферо-циліндричні каркасні стрижневі куполи, у яких в основі влаштована циліндрична вертикальна оболонка над якою надбудовується сферична, є частинним випадком полегшених будівельних покриттів, що, найчастіше, зашиваються тентовими або полімерними покриттями.

Основна частина

Як приклад розглянемо каркасно-стрижневу споруду геодезичного куполу, яка використовуються як опорний скелет пересувного планетарію без стаціонарного фундаменту виробництва вітчизняної фірми ASE Муplanetarium діаметром циліндричної частини 13,5 м ($R = 6,75$ м). Згідно з прийнятим рішенням

виробника конструкція споруди являє собою сферо-циліндричний ічний купол, виготовлений за каркасно-стрижневою технологією з чарунок у вигляді трикутників, сформованих трубчастими елементами, що з'єднані між собою болтовими кріпленнями. В основі куполу, а також, в рівні стику циліндричної та сферичної частин улаштовані, відповідно, опорне та формоутворююче кільця, останнє – у вигляді окремих елементів з гнучого квадратного профілю, з'єднаних у вузлах жорстко. Загальний вигляд металокаркасу споруди показаний на (рис. 1).

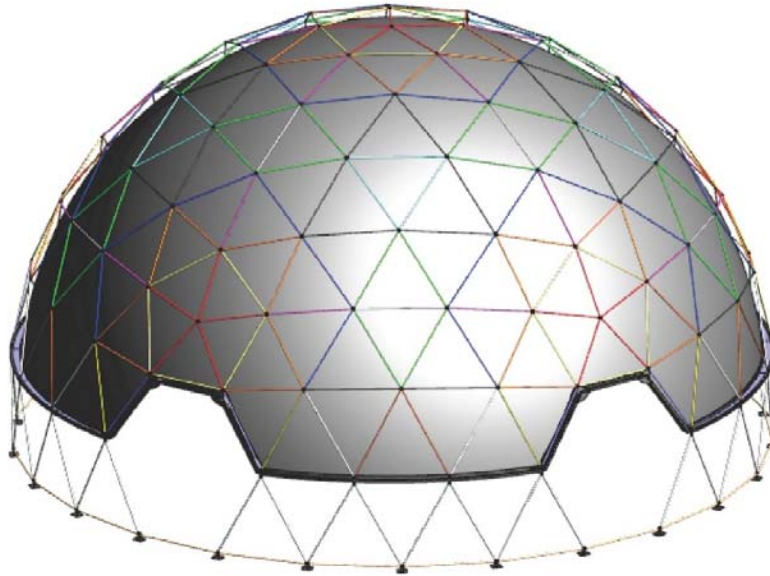


Рис. 1. Загальний вигляд металокаркасу геодезичного куполу для планетарію (тентове зовнішнє покриття умовно не показано, шестикутні прорізи – для монтажу дверних кільцевих блоків).

Основні стрижневі елементи куполу та опорного кільця пропонується виготовляти з електрозварних тонкостінних труб, які мають максимальний радіус інерції i , відповідно, найкраще працюють на стиск. Каркас вхідних груп геодезичного куполу доцільно вирішувати у вигляді кілець з круглих труб.

Виходячи з вимог безпечної експлуатації у конструкції куполу слід передбачити два дверних прорізи діаметром 2,9 м. Стрижневі елементи формоутворюючого кільця куполу слід виготовляти з гнутих квадратних профілів. Перерізи конструктивних елементів необхідно визначати за результатами моделювання напружено-деформованого стану.

Згідно з даними виробника геодезичний купол виготовляють без стаціонарного фундаменту і споруда є тимчасовою, збірно-розбірною та пересувною. Відповідно, на цю споруду розповсюджуються вимоги ДБН В.1.2-14-2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» [6], як для тимчасових малих архітектурних форм (клас наслідків СС-1).

Основне призначення геодезичного куполу – підтримання конструкцій легкого внутрішнього екрану планетарію, на який проектується зоряне небо, а також, тимчасовий захист відвідувачів від кліматичних впливів. Загальні технічні вимоги до споруди подібні до вимог, що пред'являються до полегшених павільйонів.

Згідно з даними паспорту виробника куполів при встановленні цих споруд на відкритих майданчиках може опціонально використовуватись основи у вигляді:

- опорної стаціонарної платформи з залізобетону чи металу, жорсткість якої має бути на порядок вищою за жорсткість конструкцій купола;
- майданчику зі штучним покриттям (бетонний, асфальтований, з дрібно розмірних елементів, із штучним рулонним покриттям...) із граничною нерівністю не більше 5 ... 10 мм по всій площі;
- підготовлений (вирівняний, втрамбований та відсипаний) ґрунт природньої основи.

Найбільш невідповідним є встановлення споруди на природній ґрунт, який вирівнюють щебенево-піщаною сумішшю або відсівом. Опорне кільце геодезичного куполу розкріплюють від зміщення (ковзання) в опорних точках опорного (базового) кільця, до якого приєднують або баластні системи, або конструкції опорної платформи, або, металеві гвинтові палі (чи геошурупи), які закручують у ґрунт.

Переваги збірно-розбірного геодезичного каркасного куполу без стаціонарного фундаменту над іншими класичними конструктивними різновидами павільйонів для планетаріїв у вигляді сталевих дерев'яних напівсферичних оболонок на стаціонарних фундаментах для планетаріїв очевидні. Насамперед, це:

- надзвичайно мала вага та малий транспортний габарит складальних елементів споруди;
- висока швидкість складання та демонтажу;
- набагато нижча вартість;
- можливість швидкого перебезування.

Однак існують і недоліки:

- мала вага споруди породжує можливість її перекидання або ковзання при швидкому вітрі, тому виникає потреба у розрахунках анкерних систем;
- не значна жорсткість тентового покриття може викликати надмірні деформації каркасу;
- споруда не стійка до ненормованого впливу вандалів, не навмисного наїзду на її конструкції транспортних засобів;
- відсутність теплоізоляції породжує надмірні витрати на опалення споруди у зимовий час.

Навантаження на геодезичний купол залежить від місця розташування будівельного майданчика.

Загалом, до навантажень на геодезичний купол, який зводиться на відкритому повітрі належать:

- постійні впливи (власна вага стрижневих елементів геодезичного купола, вага внутрішнього екрану та тентового покриття);
- тимчасові кліматичні впливи (вітер, сніг, ожеледь, температурні впливи);
- ненормовані аварійні впливи.

Принцип роботи геодезичних куполів під навантаженням ґрунтується на надзвичайно високій загальній жорсткості півсферичної оболонки за умови її надійного кріплення до основи та на аеродинамічних ефектах. Зокрема, під дією вітрового впливу високої інтенсивності на верхню поверхню куполу діє підйомна сила, що, частково, компенсується власною вагою конструкцій (ефект розвантаження). Силкові впливи від вітру на споруду, яка взята, як приклад, показані на рис. 2. Для моделювання напружено-деформованого стану геодезичних куполів слід розробляти складні тривимірні моделі на сучасних програмних комплексах, які реалізують метод скінчених елементів у формі переміщень (рис. 3).

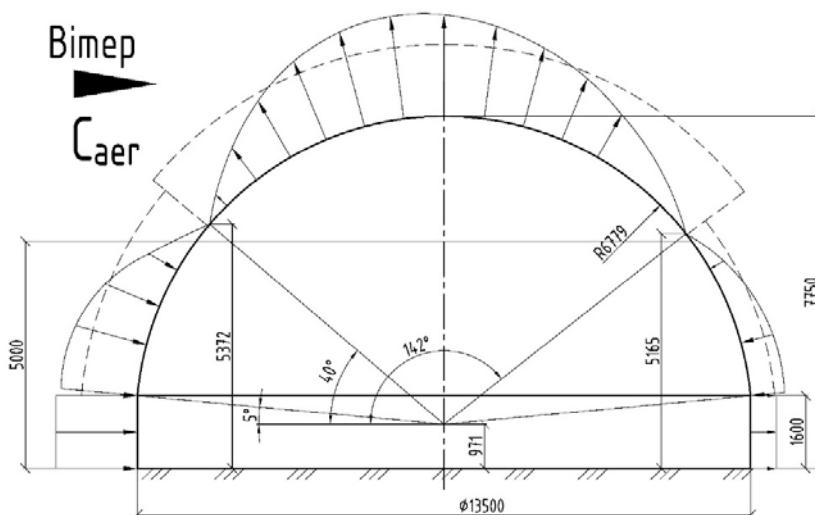


Рис. 2. Схема, що ілюструє спрощений розподіл аеродинамічних тисків по висоті споруди (пунктиром показано спрощену модель).

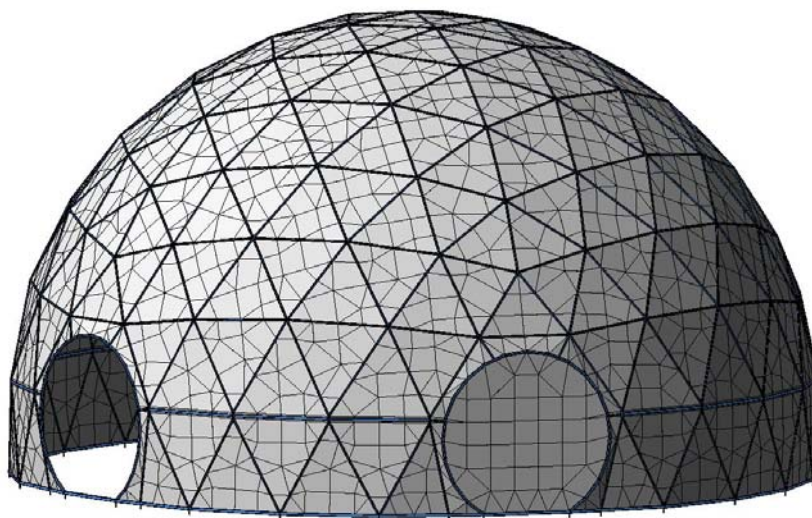


Рис. 3. Тривимірна розрахункова модель геодезичного, взятого як приклад, розроблена засобами програмного комплексу Ліра-САПР.

Дослідження подібних моделей дозволяє оцінити величини перерізів основних конструктивних елементів, їх міцність, надійність та довговічність, а також, можливий характер руйнування, включаючи різні форми втрати стійкості, і, отже, раціональність прийнятих на етапі компонування конструктивних рішень.

Висновки

1. Ефективна конструктивна каркасно-стрижнева форма геодезичних куполів загалом, доцільна для використання у якості опорних систем будівель пересувних планетаріїв.
2. Для визначення раціональних співвідношень та перерізів конструктивних елементів рекомендується підхід, що базується на високо деталізованому моделюванні споруди на сучасних програмних комплексах.
3. При моделюванні роботи під навантаженням слід враховувати спосіб приєднання споруди до основи, який може бути опціональним.
4. Для оцінки ефективності запропонованих рішень у подальшому буде проведено серію науково-практичних досліджень з раціонального проектування асиметричних автодорожніх мостів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов В.О. Моделювання напружено-деформованого стану тонкостінних куполів з полікарбонату для раціонального проектування [Текст] / В.О. Попов, А.В. Попова, Вей Ван // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2022-2. С. 81 – 93.
2. Попов В.О. Безкаркасні тонкостінні куполи з монолітного полікарбонату – система покриття майбутнього [Електронний ресурс] / В.О. Попов В.О. Вей Ван // Тези доповіді на Міжнародній науково-технічній конференції: «Інноваційні технології в будівництві-2022» (м. Вінниця, 23-25.11.2022) – Електрон. текст. дані. – 2022. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/view/16738>
3. Popov V. Rational constructive form of frameless thin-walled domes made of monolithic polycarbonate [Electronic resource] / V. Popov, Wei Wang // Abstracts of the report at the scientific and technical conference of the Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering (2023) (VNTU) – Electronic text data – 2023. Link: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ftegp/all-ftegp-2023/paper/view/17455/14735>
4. Popov V. Connector of polycarbonate dome frameless structure / V. Popov, Wei Wang // China building decoration. №12, 03.2023. P. 330 - 331. Link: <http://www.qikan.com.cn/newarticleinfo/dzqy20224762.html>

5. Попов В.О. Розроблення скінчено-елементної моделі напружено-деформованого стану куполу з умов оптимального проектування. / В.О. Попов, О.С. Кошівський // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2012-1. С. 11 – 15.
6. ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд: [Чинний від 2019-01-01]. – К., Мінрегіон України, 2018. – 30 с. – (Національні стандарти України).

Попов Володимир Олексійович — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email: v.a.popov.vntu@gmail.com ORCID 0000-0003-2379-7764

Баранецька Олена Сергіївна – бакалавр будівництва, фахівець центру забезпечення якості освіти Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. email: alexeyiienka@gmail.com

Popov Volodymyr O. — Ph.D. Docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, Ukraine, email: v.a.popov.vntu@gmail.com. ORCID 0000-0003-2379-7764

Baranetska Olena S. – bachelor of civil engineering, specialist of the center for ensuring the quality of education of the Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa city, email: alexeyiienka@gmail.com