

УДК: 624.074.43-026.68+539

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПНЕВМАТИЧНИХ ОБОЛОНОК У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Автор – Гірка Д. Д., студ.

Науковий керівник – Волчок Д. Л., канд. техн. наук, доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Постановка проблеми. Пневматичними (повітряопорними) конструкціями називають м'які оболонки, форма та несучі здатності яких підтримуються нагнітанням в них повітря під невисоким тиском (0,1...1,0 кПа), в умовах якого можуть знаходитись та працювати люди. Основними конструктивними елементами такої споруди є оболонка (частіш за усе у формі циліндричних зводів або сферичного куполу), повітродувна установка, тамбур-шлюз з двома отворами, що відкриваються по чергово, опірний контур та анкерні пристрої [15; 16]. Такі споруди використовуються з середини ХХ століття та отримали велике розповсюдження в усьому Світі [9]. Останнім часом з'явилося багато сучасних технологій, що значно розширює можливості використання пневматичних оболонок та спонукає до дослідження перспектив їх використання у сучасному будівництві.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На думку С. Г. Шабієва та А. В. Олещенко (2009) пневмоопорні будівлі можуть повністю задовольнити потреби людини у житлі та штучній середі забезпечуючи сприятливі умови для життєдіяльності [14]. В своїх дослідженнях Р. М. Муксинов, В. С. Семенов та Р. Ш. Акбаралієв (2012) рекомендують використовувати пневмоопорні конструкції для організації критичного житла та тимчасової інфраструктури для людей, що постраждали від природних катастроф або у надзвичайних ситуаціях [11], а Т. А. Денисова (2012) розкриває переваги сучасних швидкобудуємих будівель для формування комплексів швидкого реагування. На її думку, на сучасному етапі розвитку архітектури в цілому, розвиток саме мобільної архітектури набуває великого темпу [5].

Т. Н. Колесникова (2007) під час дослідження особливостей використання пневматичних конструкцій у тепличному виробничо-житловому комплексі, стверджує: що їх застосування дає можливість використання енергії сонця, що являє собою найбільш технологічно доступний та економічно доцільний вид відновлюваної енергії [6]. На думку В. Г. Гілева та С. В. Русакова (2017), під час створення різноманітних пневматичних оболонок, слід використовувати полімерні матеріали на основі епоксидних смол завдяки унікальності їх властивостей [3].

В. В. Леонов та І. С. Жаренов (2013) обґрунтовують можливості промислового застосування надувних конструкцій для наземного та космічного призначення. На думку авторів використання таких оболонок дозволить створювати надлегкі крупногабаритні конструкції різноманітного призначення [10]. А. В. Кондюрин, Л. А. Комар, А. Л. Свистков та Г. С. Нечитайло (2009) займалися моделюванням затвердіння композиційного матеріалу в умовах відкритого космосу та орбітального космічного польоту [7; 8]. А. Ю. Власов, К. А. Пасечник та В. А. Мартинов (2015) досліджували пневматичні конструкції аерокосмічного призначення та працювали над збільшенням міцності за умови одночасного зниження маси за допомогою методу часткового затвердіння. Результати їхньої роботи було втілено в процесі проектування та виготовлення прецизійних виробів стабільного розміру складної форми з полімерних композитних матеріалів аерокосмічного призначення [2].

На думку багатьох науковців, виникненню та розвитку нових технологій пневматичних конструкцій сприяло моделювання та можливість проводити складні

математичні розрахунки [1]. Так, результати досліджень В. Г. Гилева, С. В. Русакова, В. М. Пестренина, І. В. Пестренина (2018) дозволяють проводити підбір внутрішнього тиску, необхідного для розгортання циліндричних оболонок з композитів з частково затверділим зв'язуючим, шляхом вирішення задач механіки твердого тіла, що деформується [4], а Б. М. Хрустальов (2014) проводив розрахунки просторового розподілу температур, швидкостей та тиску у різні моменти часу для різних варіантів подачі повітря вентиляторами заданої потужності [12]. В роботах В. М. Пестренина, І. В. Пестренина, С. В. Русакова, А. В. Кондюрина та А. В. Корепанова (2016) запропоновано шляхи упаковки великогабаритних складних пневматичних оболонок. На думку авторів, у надувних великогабаритних оболонках у якості конструктивних частин можна використовувати не тільки м'які (що розтягуються), а й жорсткі (що працюють на розтягування та вигин) матеріали, що можуть мати форму гофри, циліндру або усіченого конусу [13].

Мета дослідження: дослідити перспективи використання пневматичних оболонок у сучасному будівництві.

Результати дослідження. Останнім часом високотехнологічні процеси значно розширили можливості застосування пневматичних оболонок у сучасному будівництві. Сучасне повітряопорне спорудження – це структура з одного чи кількох шарів ПВХ-мембрани, що кріпиться до основи (фундаменту) за допомогою анкерної системи, що підтримується стисненим повітрям. Вентиляційна система подає свіже повітря у купол, створюючи необхідний внутрішній тиск, що дозволяє куполу підтримувати форму без наявності жорсткої конструкції. Найбільше розповсюдження отримали одношарові оболонки, але використовують також багатошарові, що працюють за принципом пошарового збільшення тиску (є можливість створення оболонок з підвісним плівковим утеплювачем) [9; 15]. Сучасні системи циркуляції повітря, обігріву та кондиціонування допомагають підтримувати постійну температуру всередині споруди в різних кліматичних умовах з оптимальними енерговитратами.

Дослідження, спрямовані на збільшенням міцності за умови одночасного зниження маси надувних конструкцій за допомогою методу часткового затвердіння втілено при проектуванні та виготовленні прецизійних виробів стабільного розміру складної форми з полімерних композиційних матеріалів для створення надлегких крупногабаритних конструкцій наземного та аерокосмічного призначення.

Таким чином, до переваг сучасних повітрянаповнюваних споруд можна віднести їх більш низьку, в порівнянні з традиційними будівлями, вартість (порівняно з капітальними будівлями і спорудами економія становить до 250...300 %), а також невисокий рівень витрат на утримання й експлуатацію; швидкість та простоту зведення (споруду можна швидко демонтувати та встановити в іншому місці), незначна маса, мала пожеже-небезпечність, достатньо висока світлопроникність (дає змогу не використовувати штучного освітлення у світлу пору доби); сейсмостійкість; привабливий зовнішній вигляд та здатність покрити без опори площі до 7 700 м².

Окремої уваги заслуговує безпечність споруд такого типу (у разі суттєвого пошкодження оболонки споруда повільно складеться не завдаючи шкоди працівникам та обладнанню всередині), а також можливість їх встановлення як на горизонтальних майданчиках, так і на схилах, або на ділянках зі складним профілем поверхні, а також на дахах звичайних будівель (у якості додаткового покриву).

Висновки. Використання сучасних технологій значно розширює сферу застосування пневматичних оболонок у сучасному будівництві споруд як для тимчасового призначення, так і для постійного застосування. Такі споруди мають безліч переваг перед звичайними будівлями завдяки своїй мобільності та швидкості монтажу,

що забезпечує унікальну можливість їх сезонного або тимчасового використання, а відносна мала маса та велика міцність таких об'єктів надає можливість використовувати їх не тільки на землі, а й у космосі.

Список використаних джерел

1. Бельков А. В. Моделирование крупногабаритных пневматических конструкций. *Перспективы развития фундаментальных наук*. 2016. С. 21–23.
2. Власов А. Ю., Пасечник К. А., Мартынов В. А. Разработка технологии частичного отверждения тонкостенных оболочек при создании конструкций из полимерных композиционных материалов. *Сибирский журнал науки и технологии*. 2015. № 4. С. 918–923.
3. Гилев В. Г., Русаков С. В. Экспериментальное исследование давления разворачивания цилиндрической оболочки композитного материала в процессе полимеризации. *Механика композиционных материалов и конструкций*. 2017. С. 63–66.
4. Гилев В. Г., Русаков С. В., Пестренин В. М., Пестренина И. В. Оценка жесткости разворачиваемой внутренним давлением цилиндрической композитной оболочки на начальном этапе полимеризации связующего. *Механика*. 2018. № 1. С. 93–99.
5. Денисова Т. А. Зарубежный опыт возведения мобильных зданий и сооружений в системе комплексов быстрого реагирования в экстремальных ситуациях. *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 4: С. 362–362.
6. Колесникова Т. Н. Тепличный производственно-жилой комплекс. *Жилищное строительство*. 2007. № 2. С. 20–21.
7. Кондюрин А. В., Комар Л. А., Свистков А. Л. Моделирование отверждения композиционного материала в условиях открытого космоса. *Механика композиционных материалов и конструкций*. 2009. № 15. С. 512–526.
8. Кондюрин А. В., Нечитайло Г. С. Композиционный материал для надувных конструкций, фотоотверждающийся в условиях орбитального космического полета. *Космонавтика и ракетостроение*. 2009. № 3. С. 182–190.
9. Кривошапко С. Н. Пневматические конструкции и здания. *Строительная механика инженерных сооружений и зданий*. 2015. № 3. С. 45–53.
10. Леонов В. В., Жаренов И. С. Анализ особенностей конструкции крупногабаритных надувных концентраторов солнечного излучения. 2013. № 10. С. 177–190. [Електронний ресурс]. URL: doi: 10.7463/1013.0618788 (жовтень 2013).
11. Муксинов Р. М., Семенов В. С., Акбаралиев Р. Ш. Сейсмобезопасные, быстровозводимые и мобильные здания для жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях. *Вестник Кыргызско-Российского славянского университета*. 2012. № 12 (7). С. 110.
12. Хрусталева Б. М. и др. Моделирование конвективных потоков в пневмоопорных объектах. Ч. 1. *Энергетика*. 2014. № 4. С. 42–55.
13. Пестренин В. М., Пестренина И. В., Русаков С. В., Кондюрин А. В., Корепанова А. В. Упаковка и разворачивание внутренним давлением крупногабаритных оболочечных конструкций. 2016. № 4. С. 303–316. URL: <https://ered.pstu.ru/index.php/mechanics/article/view/221>
14. Шабиев С. Г., Олещенко А. В. Мобильные системы в современной архитектуре. *Успехи современного естествознания*. 2009. № 6. С. 89–92.
15. Воздухоопорные оболочки. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.arhplan.ru/buildings/design/types-of-pneumatic-structures> (дата звернення : 05.04.2020).
16. Материал для пневмокаркасных, воздухоопорных сооружений. [Електронний ресурс]. URL : <https://oldos-tent.ru/catalog/vozduh> (дата звернення : 5.04.2020)