

АНАЛИЗ ОБЗОРНЫХ РАБОТ ПО ТЕОРИИ ТОНКИХ ОБОЛОЧЕК И ИХ ПРИМЕНЕНИЮ

ТХОМА Анамария, аспирант

Российский университет дружбы народов, Москва

117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

Представленные в статье материалы могут помочь молодым исследователям, занимающимся проблемами геометрии, теории тонких оболочек и применением их в строительстве, выбрать темы будущих исследований. Показано, что в настоящее время пространственные структуры вызывают повышенный интерес у архитекторов и инженеров-конструкторов в связи с появлением высокоскоростных ЭВМ и программных комплексов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тонкая оболочка, расчет на прочность, устойчивость, геометрия, параметрическая архитектура, висячие покрытия, тентовая архитектура.

Приступая к работе над кандидатской диссертацией, исследователь должен сначала изучить состояние дел по выбранной теме исследования. В этом ему могут помочь обзорные работы, опубликованные ведущими учеными. При изучении ранее опубликованных монографий и статей по теме «Геометрия, строительная механика тонких оболочек и их применение» автор установила, что последние два десятилетия XX-го века применение большепролетных тонких оболочек при строительстве общественных зданий значительно сократилось по сравнению с предшествующими годами. Однако теоретические и экспериментальные исследования тонких оболочек продолжались значительными темпами, в основном, в связи с появлением хорошего программного обеспечения, высокоскоростных ЭВМ и появлением новых строительных материалов. Это подтверждают вышедшие в последние годы монографии [1-4] и статьи [5-8].

Первая попытка проанализировать обзорные работы по геометрии, прочности, устойчивости, динамике и применению торсовых, конических, цилиндрических, коноидальных, каплевидных, винтовых и винтообразных оболочек, оболочек в форме параболоидов вращения, однополостных гиперболоидов вращения и эллиптических параболоидов была предпринята Е.А. Гринько в работе [9] с 21 наименованием литературы. Было бы желательно читать эти две статьи совместно, так как первоисточники, приведенные в статье [9], не дублируются в представленной статье.

После того как поставлена цель создать архитектурный образ общественно-го или производственного сооружения архитектор должен решить в каком стиле он собирается работать: архитектурно-строительная бионика [10], параметрическая архитектура [11] или создать аналитически не задаваемые срединные поверхности. После этого необходимо решить вопрос о выборе материала оболочки. До настоящего времени хорошо себя зарекомендовали сборные, сборно-монолитные и монолитные железобетонные [12] оболочки, металлические [13], деревянные [14], тентовые [15] и в ряде случаев применяются пластмассовые и композитные оболочки [16].

Определенный кризис в проектировании большепролетных железобетонных оболочек стараются преодолеть, создавая новые направления в архитектуре, расширяя возможности железобетона и армоцемента: ноосферная архитектура, архитектурная бионика и др. Возможности конструкций из древесины значительно расширились после 1960-х годов в связи с появлением клееных деревянных конструкций. В последние годы стальные сетчатые оболочечные структуры применяют даже чаще, чем железобетонные тонкостенные оболочки, и они прочно занимают свою нишу в архитектуре общественных и промышлен-

ных зданий. Следует упомянуть также геодезические купола, появившиеся в 1940-х годах. Сейчас их изготавливают из дерева, стали, алюминия, железобетона и бамбука [8, 13].

Оболочки, с точки зрения строительной механики, могут быть жесткими, т.е. обладающими изгибной жесткостью [12-14, 16], мембранными (безмоментными), работающими только на растяжение, и комбинированными, когда элементы каркаса оболочки являются жесткими, а сам каркас покрывается пленкой или тентом (каркасно-тентовая конструкция).

Мембранные (безмоментные) конструкции включают в себя висячие тросовые системы, металлические мембраны, пневмосооружения и тентовые покрытия. В висячих конструкциях внешнюю нагрузку воспринимают тросы (стальные канаты), кабели, цепи, прокатный металл и листовые мембраны, работающие только на растяжение. В висячих вантовых системах ванты (нити) или тросовые плоские, или пространственные фермы поддерживают жесткие элементы (балки, плиты, арки, рамы), работающие на изгиб, в проектном положении, а уже на эти жесткие элементы укладывают ограждающие конструкции. Висячие тросовые конструкции (тросовые сети) отличаются от вантовых систем тем, ограждающие элементы в них укладываются непосредственно на тросы или тросовую сеть. В работе [17] приводится классификация висячих тросовых конструкций. Россия бесспорно является лидером в проектировании, расчете и строительстве металлических мембранных покрытий [18].

Сейчас около ста тысяч пневмосооружений и конструкций смонтированы на всех континентах мира, их изготавливают во всех технически развитых странах [19, 20].

Краткая информация, приведенная выше, показывает, что у архитектора и инженера-строителя имеется большой потенциал в выборе формы, материала, методов расчета, конструктивных решений и примеров применения большепролетных тонкостенных оболочечных конструкций.

Хорошо спроектированная оболочка всегда будет считаться наиболее красивым и значимым сооружением городской архитектуры.

Л и т е р а т у р а

1. *Krivoshapko S.N., Ivanov V.N.* Encyclopedia of Analytical Surfaces. – Springer International Publishing Switzerland, 2015. – 752 p.
2. *Кривошапко С.Н., Мамиева И.А.* Аналитические поверхности в архитектуре зданий, конструкций и изделий: Монография. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 328 с.
3. *Krasić Sonja.* Geometrijske Površni u Arhitekturi, Univerzitet u Nišu, 2012, 238 p.
4. *Sigrid Adriaenssens, Philippe Block, Diederik Veenendaal.* Shell Structures for Architecture: Form Finding and Optimization, Routledge, 2014, pdf.
5. *Кривошапко С.Н.* Шаг в III тысячелетие: Архитектура оболочек и прочностной расчет тонкостенных строительных и машиностроительных конструкций сложной формы// Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2001. – №8-9. – С.2-5.
6. *Кривошапко С.Н., Мамиева И.А.* Выдающиеся пространственные сооружения последних 20 лет// Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2012. – № 12. – С. 8-14.
7. *Кривошапко С.Н.* О возможностях оболочечных сооружений в современной архитектуре и строительстве// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2013. – № 1. – С. 51-56.
8. *Bradshaw, R., Campbell, D., Gargari, M., Mirmiran, A., and Tripeny, P.,* 2002, Special structures. Past, present, and future, Journal of Structural Engineering, June 2002, pp. 691-701.
9. *Гринько Е.А.* Обзорные работы по геометрии, прочности, устойчивости, динамике и применению оболочек со срединными поверхностями различных классов// Монтажные и специальные работы в строительстве. -2012. -№ 2. -С. 15-21.

10. Шамбина С.Л., Казарян А.А. Применение бионического формообразования и методов аналитической геометрии в современном архитектурном проектировании// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2015. – № 1. – С. 3-11.
11. Мамиева И.А., Разин А.Д. Параметрическая литература в Москве// Архитектура и строительство России. – 2014. - № 6. – С. 24-29.
12. Krivoshapko S.N., Christian A. Bock Hyeng, Mamieva I.A. Chronology of erection of the earliest reinforced concrete shells// International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences. – 2014. – Vol. 18. – Iss. 2. – P. 95-108.
13. Кривошапко С.Н. Металлические ребристо-кольцевые и сетчато- стержневые оболочки XIX-го – первой половины XX-го веков// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2014. – № 6. – С. 4-15.
14. Кривошапко С.Н., Пятикрестовский К.П. Из истории строительства деревянных оболочек и их возможности в настоящем и будущем// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2014. – № 1. – С. 3-18.
15. Скопенко В.А. Тентовая архитектура: «индустриальные» возможности// Академический вестник УралНИИпроекта РААСН. – 2010. – № 3. – С. 64-69.
16. Kottas Dimitris. Architecture and Construction in Plastic. – Links International, 2012. – 240 p.
17. Кривошапко С.Н. Висячие тросовые конструкции и покрытия сооружений// Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 7 (34). – С. 51-70.
18. Канчели Н.В. Реализованные мембранные оболочки. Расчет, проектирование и возведение. – М.: Изд-во АСВ, 2009. – 120 с.
19. Кривошапко С.Н. Пневматические конструкции и сооружения// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2015. – № 3. – С. 45-53.
20. Ермолов В.В., Бэрд У.У., Бубнер У. и др. Пневматические строительные конструкции. – Под ред. В.В. Ермолова. - М.: Стройиздат, 1983. - 439 с., ил.

Reference

1. Krivoshapko, S.N., Ivanov, V.N. (2015). *Encyclopedia of Analytical Surfaces*, Springer International Publishing Switzerland, 752 p.
2. Krivoshapko, S.N., Mamieva, I.A. (2012). *Analiticheskie Poverhnosti v Arhitekture Zdaniy, Konstrukcij i Izdelij*, Moscow: Knizhnyy Dom "LIBROKOM", 328 p.
3. Krsi c Sonja (2012). *Geometrijske Površi u Arhitekturi*, Univerzitet u Nišu, 238 p.
4. Sigrid Adriaenssens, Philippe Block, Diederik Veenendaal. *Shell Structures for Architecture: Form Finding and Optimization*, Routledge, 2014, pdf.
5. Krivoshapko, S.N. (2001). Moving into the third millennium: Architecture of shells and Strength Analysis of Thin-Walled Civil- Engineering and Machine-Building Structures of Complex Forms, *Montazhnie i Spetsial. Raboty v Stroitel'stve*, №8-9, pp. 2-5.
6. Krivoshapko, S.N., Mamieva, I.A. (2012). Outstanding space structures of the last 20 years, *Montazhnie i Spetsial. Raboty v Stroitel'stve*, № 12, pp. 8-14.
7. Krivoshapko, S.N. (2013). On opportunity of shell structures in modern architecture and building, *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, № 1, pp. 51-56.
8. Bradshaw, R., Campbell, D., Gargari, M., Mirmiran, A., and Tripeny, P. (2002). Special structures. Past, present, and future, *Journal of Structural Engineering*, June, pp. 691-701.
9. Grin'ko, E.A. (2012). Reviews on geometry, strength, stability, dynamics, and application of shells with middle surfaces of different classes, *Montazhnie i Spetsial. Raboty v Stroitel'stve*. -2012. -№ 2. -С. 15-21.
10. Shambina, S.L., Kazarian, A.A. Application of bionic forms and approaches of analytical geometry to modern architectural design, *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, 2015, № 1, pp. 3-11.
11. Mamieva, I.A., Razin, A.D. (2014). Parametrical architecture in Moscow, *Arhitektura i Stroitel'stvo Rossii*, № 6, pp. 24-29.
12. Krivoshapko, S.N., Hyeng, Christian A. Bock, Mamieva, I.A. (2014). Chronology of erection of the earliest reinforced concrete shells, *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 2014, Vol. 18, Iss. 2, pp. 95-108.
13. Krivoshapko, S.N. (2014). Metal ribbed-and-circular and lattice shells from the XIXth until the first half of the XXth centuries, *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, № 6, pp. 4-15.

14. Krivoshapko, S.N., Pyatikrestovskiy, K.P. (2014). On history of building of wooden shells and their opportunities at present and in the future, *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, № 1, pp. 3-18.
15. Skopenko, V.A. (2010). Tent architecture: industrial possibility, *Akademicheskii Vestnik Ural-NIIproekta RAASN*, № 3, pp. 64-69.
16. Kottas, Dimitris (2012). *Architecture and Construction in Plastic*, Links International, 240 p.
17. Krivoshapko, S.N. (2015). Suspension cable structures and roofs of erections, *Construction of Unique Buildings and Structures*, № 7 (34), p. 51-70.
18. Drobot, D.Yu., Kanchely, N.V., Batov, P.A. (2009). *Realized Membrane Shells, Analysis, Design, and Erection*, Moscow: Izd-vo ASV, 121 p.
19. Krivoshapko, S.N. (2015). Pneumatic structures and buildings, *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, № 3, p. 45-53.
20. Ermolov, V.V. et al. (1983). *Pnevmaticheskie Stroitel'nie Konstrukzii*, M.: Stroyizdat, 439 p.

AN ANALYSIS OF REVIEWS ON THEORY OF THIN SHELLS AND ON THEIR APPLICATION

Thoma Anamaria

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

The materials presented in the paper can help to young researchers dealing with problems of geometry, theory of thin shells, and their application in building, can point out to the subjects of future investigations. It is shown that space structures give rise to the most interest of architects and designers due to highly speed computers and program complexes.

KEYWORDS: thin shell, strength analysis, stability, geometry, parametrical geometry, suspension structures, tent architecture.