

## Строительство малоэтажных купольных зданий с применением пенополистирольных панелей

*Д.А. Ким*

*Национальный исследовательский московский государственный  
строительный университет НИУ МГСУ, Москва*

**Аннотация:** Статья посвящена теме строительстве купольных зданий из пенополистирольных плит. Отмечены положительные стороны при строительстве и эксплуатации зданий купольной формы. Дана оценка воздействию снеговой, ветровой, сейсмической нагрузок на купольное здание.

**Ключевые слова:** строительство, здание, купол, формообразование, энергоэффективность, нагрузка, снег, ветер, сейсмика.

Строительство купольных зданий из пенополистирольных панелей, является удачным сочетанием инженерной мысли и относительно недорогого современного материала - пенополистирола высокой плотности. Данная технология существует уже более 30 лет - со времени постройки на Аляске первого купольного дома изобретателем Хутом Хеддоком [1-3]. Тем не менее, до недавнего времени эти панельные, быстро возводимые дома оставались ещё малоизвестными и недоступными потребителю.

Положение резко изменилось, когда проектом заинтересовались японцы и на практике доказали его чрезвычайную привлекательность для бизнеса и частного застройщика.

Основные преимущества.

1. Экономия финансовых средств на несущем каркасе традиционных домов. Например, при строительстве схожего по площади дома - купола с деревянным каркасом, стоимость одних только коннекторов составит порядка 100 000 рублей.

Пенополистирольные панели высокой плотности с антипиренами благодаря купольной конструкции дома благополучно берут на себя функции несущего каркаса, который позднее может быть защищён и отделан любыми материалами [4-5].

Многokратная экономия времени при строительстве под окончательную отделку. Купольный дом площадью 50 м<sup>2</sup> требует всего от 7 до 14 дней на возведение и отделку [6-8]. Такое быстрое время строительства очень важно при застройке туристических площадок, кемпингов в начале сезона отпусков [9].

2. Лёгкость и малое количество несущих конструкций позволяют вести застройку в отдалённых и труднодоступных местах. Этот фактор очень важен для обустройства горных районов и сложного рельефа местностей (рис.1).

3. Высокая привлекательность для туристов и арендаторов, которую обеспечивает необычная форма сферических домов.

4. Рекордно низкие затраты на отопление круглых домов в зимний период. Например, для поддержания комфортной температуры в стандартном доме, радиусом 8 метров (площадь- 50м<sup>2</sup>) достаточно обогревателя мощностью всего 600 Вт.

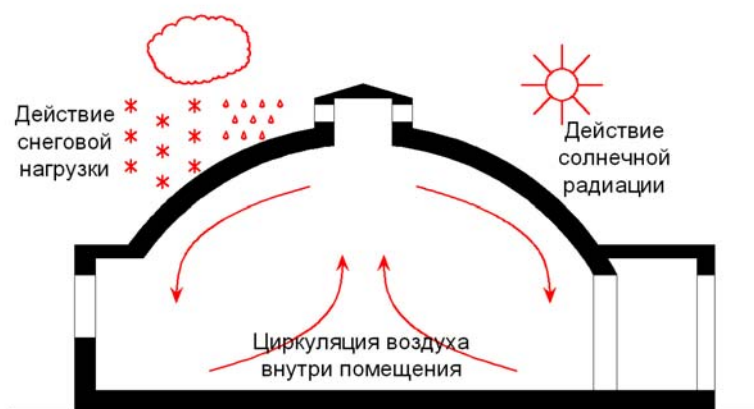


Рис. 1. Воздействие снеговой нагрузки, солнечной радиации на купольное здание

Купольные элементы дома, могут иметь размеры - 6, 8, 10 и 12 метров. Объединяя купола различных размеров посредством арочных переходов, добавляя готические тамбурные блоки, или блоки для вытягивания полусфер

---

в длину, легко добиться очень интересных и функциональных архитектурных форм. Такое расширение может быть растянуто по времени, а новые элементы могут добавляться по мере необходимости, - например увеличение семьи, организация подсобного хозяйства, расширение бизнеса.

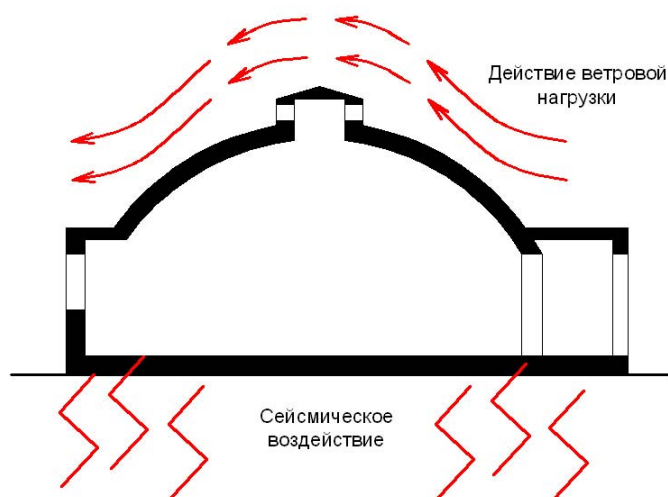


Рис. 2. Воздействие сейсмической, ветровой нагрузки на купольное здание Сферы применения купольных пенополистирольных каркасов.

Кроме обычного использования в качестве тёплого и энергетически независимого жилища, купольные здания с пенополистирольным каркасом-утеплителем, успешно применяются в качестве магазинов, кафе, туристических баз, офисных помещений, кинотеатров и др.

Многие годы люди всего мира пытались найти самый недорогой и быстрый способ построить себе достойное жилище, которое позволило бы экономить на платежах за электроэнергию и в идеале вообще отказаться от внешних источников питания. Конец этим поискам положил Хут Хэддок, он предложил делать панели из пенополистирола [10-12]. Технология изготовления предельно проста: из промышленного огнестойкого пенополистирола высокой плотности изготавливаются фигурные блоки, которые оклеиваются внутри и снаружи армированными цементными плитами.

Первый дом по такой технологии был построен Хэддоком на Аляске в 1984 году. Природные условия Аляски были отличной испытательной базой для проверки всех конструкционных свойств новых панелей. На Аляске сильнейшие ветра, мощнейшие землетрясения, самые обильные снегопады. Климат вполне сопоставим с климатом Российской Федерации.

Для дальнейшей проверки качеств конструкции, которые должны соответствовать всем государственным стандартам, был построен купольный дом из пенополистирольных панелей на имитирующем сейсмическую активность лабораторном вибростенде в Цинциннати, штат Огайо, США. На таких стендах инженерами воспроизводились толчки, возникающие во время землетрясений. При испытании сейсмическая активность была доведена до семи баллов (рис.2).

Однако более всего следует учитывать теплоизоляционные свойства купольного дома. Как известно, теплоизоляционные качества пенополистирола достаточно высоки. По результатам проведенных испытаний было определено, что для отопления дома площадью 50 кв. метров в зимний период, достаточно обогревателя на 600 Вт. Огромная экономия средств достигается не только за счет снижения затрат на электроэнергию, но и быстрых сроков возведения таких домов [13-15]. Стандартный дом собирается двумя рабочими в течении дня, а все отделочные работы занимают не более недели, конечно если заказчик не требует особого усиления стен и применения сложной и дорогостоящей отделки.

Поскольку в конструкции дома используется пенополистирол, отличная термоизоляция помещения гарантирована, а благодаря своей куполообразной форме, воздух свободно циркулирует за счет конвекции без образования застойных зон по углам. Поэтому расходы на отопление и кондиционирование воздуха существенно снижены.

---

Мало того, что купол одна из самых стабильных в природе форм, в отличие от железа, он никогда не станет корродировать, в отличие от дерева, не подвергнется гнили, грибку или поражению насекомыми. Концепция жилого купола предлагает удобное жизненное пространство для жизни.

Аэродинамические свойства купола с эффектом антикрыла успешно противостоят напору сильных ветров.

Купольный дом из плотного полистирола является не только самой стабильной структурой, но имеет и чрезвычайно легкий вес. Следствие этого - малая инерция при раскачивании. Именно из-за этой лёгкости купольный дом выдерживает без особых последствий самые сильные землетрясения. А установленное на поплавковое основание купольное здание имеет значительные шансы уцелеть в случае цунами [15].

Также следует отметить, что пенополистирольные панели не разрушаются термитами, не плесневеют, не горят и не гниют.

Но могут ли эти дома спасти жизнь людей в странах, подверженных ураганам и землетрясениям? Определенно-да. Такие дома уже построены в Мексике, США, Турции. Если эти успехи смогут преодолеть естественное недоверие к новому, купольные дома из пенополистирольных панелей смогут сыграть важную роль в решении энергетических проблем человечества и обеспечении надежным жильем простых людей во всем мире.

## Литература

1. Ермолаев Н.С. Проблемы теплоснабжения и отопления многоэтажных зданий. М., 1949. С.200.
2. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. М., 1982. С. 312.
3. Барышев В., Трутаев В. Источник энергии – в ее экономии. Минск, 1997.С. 64–71.
4. Бродач М.М. Теплоэнергетическая оптимизация ориентации и размеров здания // Научные труды НИИ строительной физики. М., 1987. С. 97-101.
5. Волков А.А., Гиясов Б.И., Челышков П.Д., Седов А.В., Стригин Б.С. Оптимизация архитектуры и инженерного обеспечения современных зданий в целях повышения их энергоэффективности // Научно-технический вестник Поволжья №6, Казань, 2014. С.111-113.
6. Волков А.А. Иерархии представления энергетических систем // Вестник МГСУ. 2013. № 1. С. 190-193.
7. Гиясов Б.И. Влияние развития инфраструктуры городов на жилую среду.// Вестник МГСУ. 2012. №4, С. 17-21.
8. Гиясов Б.И., Цева А.В. Влияние энергоэффективности зданий на экологический баланс окружающей среды // Научное обозрение №4, М., 2015. № 4, С.174-178.
9. Губернский Ю.Д., Лицкевич В.К. Жилище для человека. М., 1991. С. 35-43.
10. Еремкин А.И., Королева Т.И. Тепловой режим зданий. М., 2000. С. 47-50.
11. Савенок А.Ф., Е.И. Савенок. Основы экологии и рационального природопользования. Минск , 2004. С. 432.

12. Москаленко А.И. Многоквартирные жилые дома конца 19-начала 20 веков // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 1). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1102

13. Горгорова Ю.В. Проектирование гостиниц для природно-климатических условий гор и предгорий Юга России // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2087/.

14. Gihan L. K. Garas, Hala G. El Kady, Ayman H. El Alfy. Developing a new combined structural roofing system of domes and vaults supported by cementitious straw bricks // Journal of Engineering and Applied Sciences, 2010, №4. URL: arpnjournals.com/jeas/research\_papers/rp\_2010/jeas\_0410\_324.pdf.

15. Mohammadjavad Mahdavinejad, Negar Badri, Maryam Fakhari, Mahya Haqshenas. The Role of Domed Shape Roofs in Energy Loss at Night in Hot and Dry Climate (Case Study: Isfahan Historical Mosques Domes in Iran) // American Journal of Civil Engineering and Architecture, 2013, №6. URL: pubs.sciepub.com/ajcea/1/6/1/.

### References

1. Ermolaev N.S. Problemy teplosnabzheniya i otopleniya mnogoetaznyh zdaniy [The problems of heat supply and heating of multi-storey buildings]. M., 1949. p.200.

2. Barkalov B.V., Karpis E.E. Kondicionirovanie vozduha v promyshlennyh, obshchestvennyj i zhilyh zdaniyah [Air conditioning in rooms, public and residential buildings]. M., 1982. p. 312.

3. Baryshev V., Trutaev V. Istochnik jenergii – v ee jekonomii [The source of energy is saving]. Minsk, 1997. pp. 64-71.

4. Brodach M.M. Nauchnye trudy NII stroitel'noj fiziki. 1987. pp. 97-101.

5. Volkov A.A., Gijasov B.I., Chelyshkov P.D., Sedov A.V., Strigin B.S. Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja №6, Kazan', 2014. pp.111-113.

6. Volkov A.A.. Vestnik MGSU № 1. 2013. pp. 190-193.



7. Gijasov B.I. Vestnik MGSU №4. 2012. pp. 17-21.
8. Gijasov B.I., Ceva A.V. Nauchnoe obozrenie № 4. 2015. pp.174-178.
9. Gubernskij Ju.D., Lickevich V.K. Zhilishhe dlja cheloveka [The dwelling for the person]. M., 1991. pp.35-43.
10. Eremkin A.I., Koroleva T.I. Teplovoj rezhim zdaniy [The thermal regime of buildings]. M., 2000. pp. 47-50.
11. Savenok A.F., E.I. Savenok. Osnovy jekologii i racional'nogo prirodo-pol'zovanija [Fundamentals of ecology and environmental management]. Minsk, 2004. p.432.
12. Moskalenko A.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4 (chast' 1). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1102](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1102)
13. Gorgorova Ju.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2087/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2087/).
14. Gihan L. K. Garas, Hala G. El Kady, Ayman H. El Alfy. Journal of Engineering and Applied Sciences, 2010, №4. URL: [arpnjournals.com/jeas/research\\_papers/rp\\_2010/jeas\\_0410\\_324.pdf](http://arpnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2010/jeas_0410_324.pdf).
15. Mohammadjavad Mahdavinejad, Negar Badri, Maryam Fakhari, Mahya Haqshenas. American Journal of Civil Engineering and Architecture, 2013, №6 URL: [pubs.sciepub.com/ajcea/1/6/1/](http://pubs.sciepub.com/ajcea/1/6/1/).