



**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 10, № 1, 2019
PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2019.1.13
УДК 691.3

УНИКАЛЬНЫЙ КУПОЛЬНЫЙ ДОМ

Г.И. Зубарева, И.В. Соргутов

Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика
Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 10 октября 2018
Принята: 03 декабря 2018
Опубликована: 29 марта 2019

Ключевые слова:

строительство, купольный дом,
форма куполов, технологии воз-
ведения купольного дома.

АННОТАЦИЯ

Дано определение купольного дома. Выявлены его явные достоинства по сравнению с домом в форме параллелепипеда. Показано, что купольный дом превосходит привычный дом в форме параллелепипеда практически по всем рассмотренным показателям: внутренний объем дома, прочность, теплопотери, расход строительных материалов, скорость строительства, финансовые затраты, естественное освещение, аэрация воздуха внутри здания, климато- и сейсмостойчивость, внешний вид. Приведено сравнение основных типов куполов купольного дома: геодезического, стратодезического и монолитного бетонного – определяющих технологию возведения купольного дома. Описаны четыре основные технологии возведения купольных домов, которые используются в строительстве: на основе геодезической сферы, возведение дома на основе пневмокаркаса, метод строительства купольного дома на основе несъемной опалубки и технология возведения купольного дома, представляющего собой сборную конструкцию фабричного производства. Дана сравнительная характеристика методов возведения купольного дома, описаны достоинства и недостатки каждого метода строительства дома-купола. Определены негативные моменты в строительстве и эксплуатации купольного дома: сложность расчетов купола, отсутствие практики купольного строительства, большое количество отходов стройматериалов, применение нестандартных дверей, окон, мебели, непривычность и боязнь владельцев купольного дома проживания в уникальном доме. Указаны практические рекомендации по устранению недостатков купольного дома: покупка готовых проектов, привлечение к строительству дома-купола профессиональных куполостроителей. Сделаны выводы о перспективности купольных домов благодаря их мощности и устойчивости, геометрической симметрии форм и прочности, скорости возведения и уникальности для любого региона России.

© ПНИПУ

© **Зубарева Галина Ивановна** – доктор технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: zubarevag@inbox.ru.
Соргутов Илья Валерьевич – кандидат экономических наук, доцент, e-mail: Sorgutov_iliya@mail.ru.

Galina I. Zubareva – Doctor of Technical Sciences, Senior Scientific Collaborator, e-mail: zubarevag@inbox.ru.
Ilya V. Sorgutov – Ph.D. in Economic Sciences, Associate Professor, e-mail: Sorgutov_iliya@mail.ru.

UNIQUE DOME HOUSE

G.I. Zubareva, I.V. Sorgutov

Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 10 October 2018
Accepted: 03 December 2018
Published: 29 March 2019

Keywords:

building, dome house, form of domes, methods of building dome house.

ABSTRACT

The definition of the domed house is given. Its obvious advantages in comparison with the house in the form of a parallelepiped are revealed. It is shown that the domed house surpasses the usual parallelepiped house in almost all considered parameters: the internal volume of the house, strength, heat loss, construction materials consumption, construction speed, financial costs, natural lighting, air aeration inside the building, climate and seismic resistance, appearance. Comparison of the main types of domes of a dome house is made: geodesic, stratodesic and monolithic concrete, which determine the technology of erecting a domed house. The four main technologies for building domed houses that are used in construction are described: dome construction based on a geodesic sphere, erecting a house on the basis of a pneumoframe, domed house on the basis of fixed formwork and the technology of erecting a domed house, which is a prefabricated construction of the factory production of water. Comparative characteristics of the methods for erecting a domed house are given, advantages and disadvantages of each method of building a domed house are described. The negative moments in the construction and operation of the domed house are determined: the complexity of dome calculations, the lack of practice of dome construction, the large amount of building materials waste, the use of non-standard doors, windows, furniture, the unusualness and fear of owners of a domed house in a unique house. Practical recommendations for eliminating flaws in the domed house are indicated: purchase of finished projects, attraction to construction of a dome house of professional builder. Conclusions are made about the prospects of domed houses due to their capacity and stability, geometric symmetry of shapes and strength, speed of erection and uniqueness for any region of Russia.

© PNRPU

Введение

Одной из достаточно новых тенденций в строительстве считаются купольные дома, которые имеют многовековую историю (Древний Рим, Сирия, Иран, Месопотамия) [1, 2]. Для сооружения купольных конструкций использовались природные материалы – камень и дерево. С появлением новых строительных материалов (железобетона [3], различных пластмасс [4], а также профессионального применения известных материалов (дерево, камень [5]) купольные дома становятся все более популярными. Купольные конструкции используют в различном качестве: жилые дома, офисы, цирки, спортивные сооружения, кафе, зимние сады, галереи, обсерватории, производственные цеха.

В России купольное строительство только начинает распространяться, в то время как в некоторых странах Европы купольные дома уже оценены по достоинству.

Купольным называется дом, который имеет круглое основание, а крыша выполняется в виде сферы, или конуса, или цилиндра.

Купол – это достаточно энергоэффективная строительная система, что объясняется уникальными геометрическими свойствами купола [6]. При этом энергоэффективность возрастает с увеличением пролета [7].

Купольный дом считается актуальным в том случае, если необходим большой объем помещения при минимальном количестве стройматериалов, которые существенно снижают вес конструкции.

1. Основная часть

Существует ряд причин, свидетельствующих в пользу купольного строительства [7]:

1. Максимальный внутренний объем при одинаковой полезной площади дома прямоугольной формы.

2. Малый расход материалов. Материалов для строительства купольного дома необходимо на 40–50 % меньше по сравнению с домом прямоугольной формы [8].

3. Низкие теплопотери. Купольный дом является более компактным и имеет меньшие теплопотери по сравнению с домом прямоугольной формы [9].

4. Прочность за счет равномерного распределения нагрузок по всему куполу дома, в результате чего внутри дома отсутствуют опасные зоны. Поэтому купол выдерживает большую снеговую нагрузку.

5. Климатоустойчивость.

6. Дом-купол можно как угодно разместить на участке.

7. Через меньшую площадь поверхности проникает меньше звуков и шумов, что делает проживание в купольном доме более комфортным.

8. Небольшой купольный дом не имеет несущих стен, а в большом доме они могут утанавливаться достаточно произвольно в зависимости от внутренней планировки.

9. Короткие сроки строительства.

10. Финансовые затраты. Строительные работы не требуют сложных подъемных механизмов и большого числа рабочих.

11. Непревзойденная аэродинамика куполов обеспечивает отличное огибание ветрами [10, 11]. Купольные дома доказали свою устойчивость во время разрушительных ураганов и смерчей на побережье США.

12. Сферические формы усиливают свет в отличие от прямоугольных, которые его поглощают [12].

13. Уникальный внешний вид. Купольный дом всегда оригинален, непривычен, индивидуален.

Конечно, строительство купольного дома далеко не такое простое занятие, как это может показаться на первый взгляд.

Купольные дома имеют свои особенности и бывают различных видов в зависимости от типа и формы самого купола, технологии строительства и используемых материалов.

В качестве основы для строительства могут быть использованы следующие виды куполов: геодезический, стратодезический, монолитный бетонный [13].

Геодезический купол – это каркас из треугольников различной формы (рис. 1).

Геодезический купол изготавливается чаще всего из пенополиуретана, железобетона, дерева, стеклофибробетона. Геодезический купол очень легкий, поэтому для возведения дома не нужен мощный и дорогостоящий фундамент. Геодезический купол может иметь любое количество окон, можно остеклить весь купол, почти не снижая его прочностные параметры. Сферические формы усиливают свет, тогда как прямоугольные формы его поглощают.

Купольный дом с геодезическим куполом показан на рис. 2.

В основе **стратодезического купола** лежит каркас, представленный изогнутыми под определенным углом ребрами жесткости, а элементы внешне напоминают лепестки или апельсиновые дольки (в отличие от треугольников в геодезическом куполе). Стратодезический купол обладает осевой симметрией (рис. 3).



Рис. 1. Фрагмент геодезического купола
Fig. 1. Fragment of the geodesic dome



Рис. 2. Купольный дом с геодезическим куполом
Fig. 2. Dome house with geodesic dome



Рис. 3. Стратодезический купол
Fig. 3. Stratodesic dome

Симметрия сферы позволяет наиболее эффективно размещать на ней солнечные батареи и модули солнечных коллекторов.

Стратодезический купол имеет несущие элементы, которых нет в геодезическом. По этой причине стратодезический купол гораздо надежнее и удобнее в эксплуатации по сравнению с геодезическим куполом.

К преимуществам относится и то, что для стратодезического купола двери и окна подходят в стандартной конфигурации, в отличие от геодезического купола. Для многих этот момент является основополагающим в выборе купольной формы.

Купольный дом со стратодезическим куполом показан на рис. 4.



Рис. 4. Купольный дом со стратодезическим куполом
Fig. 4. Dome house with a stratodesic dome

Монолитный бетонный купол основан на применении ткани ПВХ, пенополиуретанового утеплителя и арматурного каркаса (рис. 5).

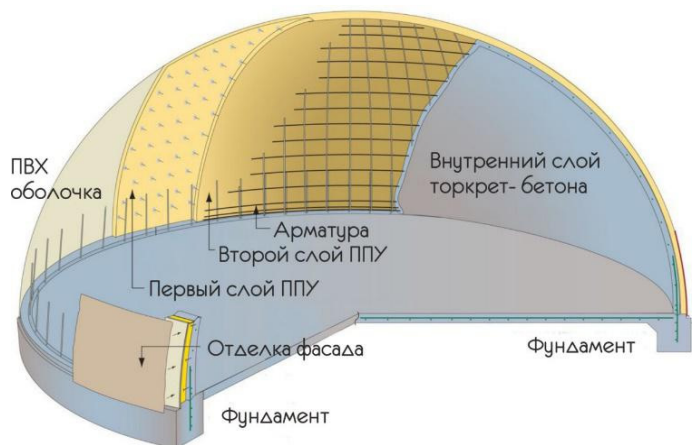


Рис. 5. Монолитный бетонный купол
Fig. 5. Monolithic concrete dome

Монолитный купол имеет ряд уникальных преимуществ: чрезвычайная прочность, быстрота возведения, доступность строительства и экономия за счет формы. Дом с монолитным бетонным куполом приведен на рис. 6.

Существует несколько способов возведения купольных домов: строительство на основе геодезической сферы, метод строительства дома на основе пневмокаркаса, метод возве-

дения дома-купола на основе несъемной опалубки и технология возведения купольного дома, представляющего собой сборную конструкцию фабричного производства. От выбора типа купола изначально зависит и технология возведения купольного дома [14].



Рис. 6. Дом с монолитным бетонным куполом
Fig. 6. House with a monolithic concrete dome

Технология, основанная на использовании **геодезической сферы**, является первой в ряду методов строительства купольных домов. Подобные строения возводятся из треугольных деревянных блоков, из которых и образуется купол. Блоки соединяются между собой, образуя каркас, толщина которого может достигать 40 см. Для отделки фасада такого дома используются водостойкие материалы. Изнутри комнаты обшиваются досками и утепляются минеральной ватой, имеющей среднюю плотность. Главное достоинство этой технологии заключается в применении экоматериалов.

Пневмокаркасная технология – сложная и необычная, но с ее помощью сокращается время возведения дома. Этот метод был разработан после того, как началось стремительное развитие производства полимерных материалов. Для выполнения строительных работ потребуется спецтехника, в том числе установка, с помощью которой распыляется бетонная смесь, и оборудование, предназначенное для монтажа пневмокаркаса. Купольный дом на пневмокаркасе устанавливается либо на монолитную плиту, либо на ленточный фундамент.

Технология, основанная на использовании **полистирольной опалубки и блоков**, позволяет возводить здания в течение двух недель, если не брать во внимание сооружение фундамента и внутреннюю отделку. Эта технология привлекает тем, что все элементы дома производят на промышленных предприятиях. Стройматериалы привозят на стройплощадку, где и собирают. Исходным материалом в данном случае является пенополистирол. Такие дома энергоэффективны, так как их конструкция основана на использовании большого количества теплоизоляционных материалов. На фасад дома наносится водостойкая штукатурка [14].

Технология купольного дома, представляющего собой **сборную конструкцию фабричного дома**, во многом аналогична методу полистирольной опалубки. Она тоже производится на промпредприятиях. Скорость возведения дома также высока. Поскольку такие блочные дома часто используют сезонно, то они имеют широкое применение. Для блочных домов не нужно дополнительное бетонирование, и поставляются они сразу полным комплектом, включая двери, окна, вентиляционные системы. Монтаж дома довольно

прост, внешний слой блоков имеет специальное покрытие, что упрощает и ускоряет фасадную отделку дома.

Строительство купольных домов имеет недостатки:

1. Сложность расчетов, так как геодезический купол не может быть рассчитан в двух плоскостях, необходимы навыки работы в программах 3D-графики.

2. Возведение купольных домов не описано в классической литературе по строительству, опытные строители в повседневной практике не сталкиваются с домами-куполами.

3. При строительстве купольного дома образуется больше отходов стройматериалов, чем при возведении прямоугольного дома, так как здесь необходимы стройматериалы в треугольном виде, а не привычном прямоугольном.

4. Часто необходимо применение нестандартных, специально изготовленных дверей, окон, пожарных лестниц, мебели.

5. Непривычность и боязнь владельцев купольного дома жить в уникальном, вызывающем недоумение у окружающих доме.

Однако перечисленные недостатки дома-купола могут быть устранены покупкой готовых проектов, обращением к профессионалам-куполостроителям и др. Авторы работы [15] показывают возможность применения системы автоматизированного проектирования с помощью библиотечных элементов, что значительно облегчает проектирование сложных объектов, в том числе купольных.

Заключение

Благодаря огромному опыту архитекторов и строителей всего мира в настоящее время появляются все новые и новые идеи. Доказательством этого является купольный дом. Различные типы куполов (геодезический, стратодезический, монолитный бетонный) в большой степени определяют технологию возведения купольного дома: купольное строительство на основе геодезической сферы, возведение дома на основе пневмокаркаса, метод строительства купольного дома на основе несъемной опалубки и технология возведения купольного дома, представляющего собой сборную конструкцию фабричного производства.

Купольный дом – это оптимальный вариант для любого региона России в силу своих неоспоримых преимуществ: мощности и устойчивости, геометрической симметрии форм и прочности, энергоэффективности, скорости возведения и уникальности. Имеющиеся недостатки купольного строительства могут быть устранены при грамотном профессиональном проектировании и применении стройматериалов. Поэтому можно с уверенностью сказать, что купольный дом будет оценен по достоинству.

Библиографический список

1. Алексеев Ю.В., Казачинский В.П., Бондарь В.В. История архитектуры, градостроительства и дизайна: курс лекций. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 448 с.
2. Кузьева Н.А., Горбунова В.С. Купольные конструкции как способ реализации новых архитектурных идей // Перспективы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 269–272.
3. Sylwester Kobiela, Zenon Zamiar. Oval concrete domes // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2017. – Vol. 17, iss. 3. – P. 486–501.

4. Фри Роберт М. Геодезические купола как наиболее эффективные строительные системы [Электронный ресурс] // Строительство и недвижимость. – URL: <http://www.nestor.minsk.by/sn/1997/31/sn3109.htm> (дата обращения: 12.05.2017).
5. Daylight performance and users visual appraisal for green building offices in Malaysia / Gene-Harn Lim, Michael Barry Hirning, Nila Keumala, Norafida Ab. Ghafar // *Energy and Building*. – 2017. – Vol. 141. – P. 175–185.
6. Тур В.И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 96 с.
7. Поверхность купола как элемент энергоэффективности ограждающих конструкций / Е.И. Попова, Н.Н. Башенко, А.И. Сорвачев, О.Д. Чуприна // Вестник Сибирского государственного политехнического университета. – 2017. – № 2 (20). – С. 30–34.
8. Бадыгин Г.М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 432 с.
9. Сычев С.А. Эко технологии строительства с учетом критериев энергоэффективности зданий // *Science Time*. – 2014. – № 10. – С. 343–349.
10. Сычев С.А. Энергоэффективный подход к возведению высотных зданий // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – № 10. – 4 с.
11. Geodesic. Преимущества и недостатки геодезических куполов [Электронный ресурс]. – URL: <http://geodesic.com.ua/geodesic-kupol/advantages.html> (дата обращения: 03.09.2018).
12. Андерсон Б. Солнечная энергия (Основы строительного проектирования). – М.: Стройиздат, 1982. – 375 с.
13. Marsee group. Купольные дома – выгодное решение жилищного вопроса [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.marsee-group.ru/kupolnye-doma/> (дата обращения: 04.09.2018).
14. Dom. Дома купольного типа: инновации и технологии [Электронный ресурс]. – URL: <http://a1-dom.ru/publication/doma-kupolnogo-tipa-innovatsii-i-tehnologii/> (дата обращения: 03.09.2018).
15. Павлов Г., Супрун А.Н. Геодезические купола: проектирование на современном уровне // САПР и графика. – 2006. – № 3.

References

1. Alekseev U.V., Kazachinskii V.P., Bondar V.V. *Istoriya arhitekturi, gradostroitelstva i dizaina. Kurs lektsii* [History of architecture, urban planning and design. Course of lectures]. Moscow, ASV, 2004, 448 p.
2. Kyzjaeva N.A., Gorbunova V.S. Kupolnye konstrukcii kak sposob realizacii novykh arhitekturnykh idej [Dome structure as a way of realization of new architectural ideas]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya*, 2014, no. 1, pp. 269–272.
3. Sylwester Kobiela, Zenon Zamiar. Oval concrete domes. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 2017, vol. 17, iss. 3, pp. 486–501.
4. Fri Robert M. Geodezicheskie kupola kak naibolee effektivnye stroitelnye sistemy [Geodesic domes as the most effective building systems]. *Stroitelstvo i nedvizhimost*, available at: <http://www.nestor.minsk.by/sn/1997/31/sn3109.htm> (accessed 12 May 2017).
5. Gene-Harn Lim, Michael Barry Hirning, Nila Keumala, Norafida Ab.Ghafar. Daylight performance and users visual appraisal for green building offices in Malaysia. *Energy and Building*, 2017, vol. 141, pp. 175–185.

6. Tur V.I. Kupolnye konstrukcii: formoobrazovanie, raschet, konctruirovanie, povyshenie effektivnosti [Dome structures: shaping, calculation, construction, efficiency improvement]. Moscow, ASV, 2004, 96 p.

7. Popova E.I., Bashhenko N.N., Corvachov A.I., Chuprina O.D. Poverhnoct kupola kak element energoeffektivnosti ograzhdaushhikh konstrukcii [The surface of the dome as an element of energy efficiency of enclosing structures]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo politicheskogo universiteta*, 2017, no. 2 (20), pp. 30–34.

8. Badygin G.M. Stroitelstvo i rekonstrukcija malojetazhnogo jenergoeffektivnogo doma [Construction and reconstruction of energy-efficient low-rise houses]. Saint Petersburg, BHV – Petersburg, 2011, 432 p.

9. Cychev S.A. Jeko tehnologii stroitelstva s uchetom kriteriev jenergojektivnosti zdaniy [Eco construction technology, taking into account energy efficiency criteria for buildings]. *Science Time*, 2014, no. 10, pp. 343–349.

10. Cychev S.A. Jenergojektivnyj podhod k vozvedeniju vysotnyh zdanii [Energy-efficient approach to the construction of high-rise buildings]. *Aktualnye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk*, 2014, no. 10, 4 p.

11. Geodezik. Preimushhctva i nedoctatki geodezicheskikh kupolov [Advantages and disadvantages of geodesic domes], available at: <http://geodesic.com.ua/geodesic-kupol/advantages.html> (accessed 03 September 2018).

12. Anderson B. Solnechnaija energija (Osnovye stroitel'nogo proektirovanija) [Solar energy: (Fundamentals of building design)]. Moscow, Stroizdat, 1982, 375 p.

13. Marsee group. Kupolnye doma – vyegodnoe reshenie zhilishhnogo voprosa [The dome house is the best solution of the housing problem], available at: <http://www.marsee-group.ru/kupolnye-doma/> (accessed 04 September 2018).

14. Dom. Doma kupolnogo tipa: innovacii i tehnologii [Domed houses: innovations and technologies], available at: <http://a1-dom.ru/publication/doma-kupolnogo-tipa-innovatsii-i-tehnologii/> (accessed 03 September 2018).

15. Pavlov G., Cuprun A.N. Geodezicheskie kupola: proektirovanie na covremennom urovne [Geodesic domes: design at the modern level]. *SAPR i grafika*, 2006, no. 3.