

Проектирование трехэтажного шарообразного дома с максимальной открытостью пространства с использованием клееных конструкций

Барбашинская Д.А.

Научные руководители: Згировский А.И., Кононович К.В.
Белорусский национальный технический университет

Использование в несущем каркасе жилых зданий клееных деревянных элементов возможно при больших пролетах или в пространственных каркасах. Формы клееных деревянных конструкций могут быть разнообразными, появляется возможность создавать здания любых очертаний, в том числе криволинейные и пространственные с определёнными несущими системами. Проектирование сооружения со криволинейной поверхностью является сложной задачей, поэтому поиск, создание новых конструктивных систем, является творческой задачей.

Жилой дом рассчитан на одну обособленную семью из 4-5 человек: 2 взрослых и 2-3 ребёнка. Войти в дом можно через два входа – главный и технический. На первом этаже располагаются помещения общего пользования: фойе, комната отдыха, тренажёрный зал, сауна, душевая, построчная, котельная и рабочий кабинет. На втором этаже располагается кухня-столовая, гостиная, кладовка, гардероб и хозяйская спальня. 3-й этаж запроектирован с архитектурным приёмом, называемым «второй свет», здесь располагаются две детские спальни. Санузлы предусмотрены на всех трёх этажах. Самый верхний этаж – технический, необходим для обслуживания инженерных коммуникаций дома.

В данном проекте заложена идея единения человека с природой. Это отображено в выборе материала для отделки фасада дома. Медь на кровле должна со временем позеленеть, а гонт из лиственницы стать серым от климатических воздействий. Таким образом, дом максимально интегрируется в окружающую среду, особенно удачно это будет выглядеть в лесистой местности или густозаселённом пригородном участке.

В самом начале работы над проектом, была идея устроить камин, проходящий в центре дома через все этажи внутри колец. Но в итоге

пришли к решению устроить в центре стеклянный пол в поддержку идеи этого проекта, а идея такова: единение семьи, её членов друг с другом. Смысл в том, что каждый может заниматься своими делами, находясь на разных этажах дома, но при этом есть возможность видеть друг друга с определённых ракурсов, за счёт частично стеклянного прозрачного пола, в результате чего и создаётся единое пространство.

Тема ЕДИНЕНИЯ, заложенная в проект, выбрана не случайно, так как она актуальна в мире в данный момент времени. И начинаться единение в мире должно с малого – с семьи.

Здание шарообразное, диаметром 14,0 м, высотой 10,57 м. В здании предусмотрены три жилых этажа, высотой по 3,0 м и один технический этаж. Конструктивная схема купола – ребристая. Основу купола составляют меридиональные гнутоклееные ребра. Каркас купола состоит из 24 радиальных дугообразных полуарок, связанных между собой тремя междуэтажными перекрытиями. Перекрытия выполнены из клееных балок, расположенных радиально попарно в плоскости гнутоклееных ребер. В плане меридиональные ребра купола опираются на железобетонную плиту с шагом 1,588 м Шаг ребер на отм.2,93 м – 3,78 м. Водосток – наружный, неорганизованный.

Основные конструкции дома представлены 24-я гнутоклееными полурамами (размеры в сечении 120x396 мм), соединёнными центральным коньковым кольцом из клееной древесины на отметке +10,57 м. Все этажные перекрытия образованы главными двойными балками из клееной древесины сечением 100x231 мм, расположенными радиально от гнутоклееных полуарок и соединённых в центре каждого перекрытия опорными кольцами диаметром 1,6 м.

Общий вид 3-х этажного жилого дома со стороны главного входа и со стороны технического входа представлены на рисунках 1 и 2. Фасады показаны на рисунке 3. На рисунке 4 представлены фасады.

На купол действуют одновременно несколько нагрузок и возможно несколько их сочетаний с учетом отсутствия некоторых из них или возможного изменения схем их приложения. Купол рассчитывается на каждую из нагрузок отдельно, а затем составляются наиболее невыгодные комбинации нагружения.



Рисунок 1 – Общий жилого дома со стороны главного входа.



Рисунок 2 – Общий жилого дома со стороны технического входа.

Analysis Professional. В нём строилась пространственная модель со стержневыми элементами, воспринимающими усилие и момент в 3-х плоскостях. Каркас имеет шарнирные опоры и шарнирные узлы крепления к верхнему опорному кольцу. Остальные узлы выполнены жёсткими. Геометрические характеристики стержней принимались по заданным сечениям. Пространственная модель шарообразного дома представлена на рисунке 5.

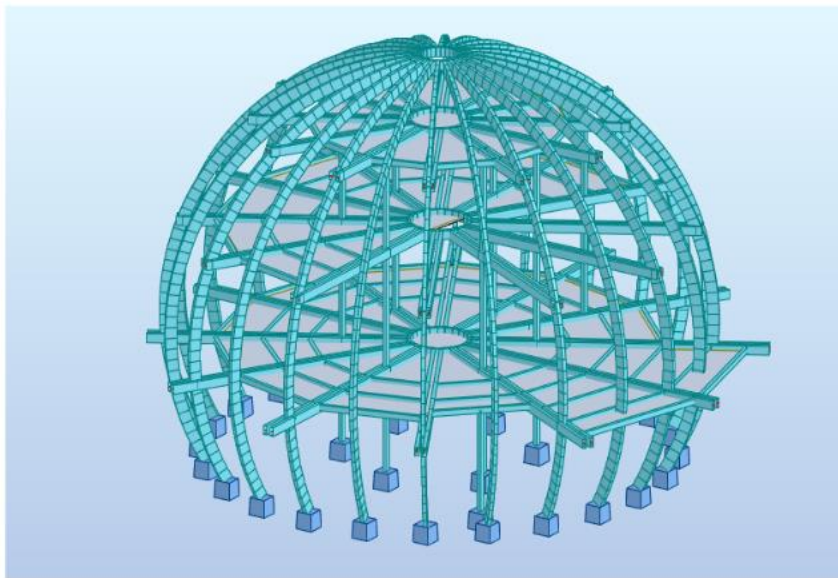


Рисунок 5 – Пространственная модель жилого шарообразного дома в Autodesk Robot Structural Analysis Professional

Распределение нагрузки на стержневую конструкцию такой формы достаточно трудоёмкая задача, поэтому в каркасе моделировались тонкие плиты-оболочки которые автоматически распределяли на стержни приложенную на них распределённую по площади нагрузку. Это позволило учесть пространственную работу каркаса и получить распределение усилия во всех стержнях модели.

Стоит отметить что определённую сложность представляет приложение ветровой нагрузки на каркас такой формы. Поэтому ветровая нагрузка в программном комплексе генерировалась автоматически. Моделировался ветровой поток со скоростью ветра 24 км/ч обдувающий поверхность модели и создающий на

поверхности различные зоны положительного и отрицательного давления. Эпюра ветрового давления для купола показана на рисунке 6.

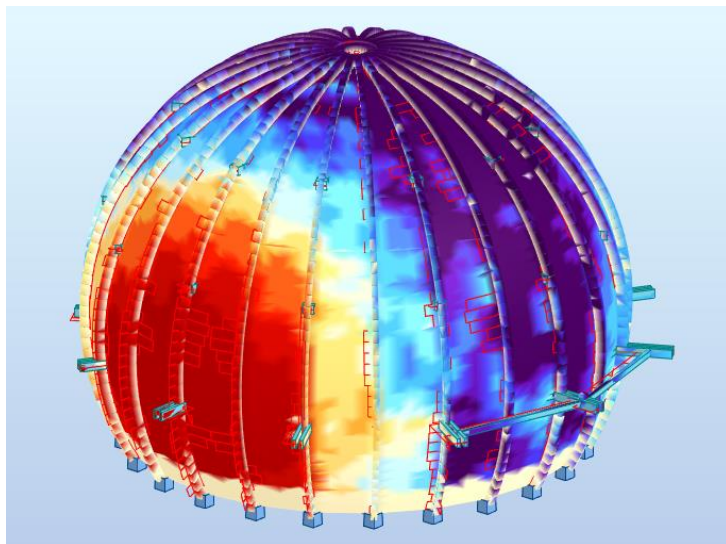


Рисунок 6 – Эпюра ветрового давления для купола полученная в Autodesk Robot Structural Analysis Professional

Строительство жилого дома предполагалось в окрестностях г. Минска. Вычислялось характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт в зависимости от высоты местности над уровнем моря. Определялся коэффициент формы снеговых нагрузок, которые должны использоваться для цилиндрических покрытий (сводчатых или близких к ним) при отсутствии снегоудерживающих ограждений. Определялась также схема распределения нагрузок без учета заносов и с учетом заносов.

Собственный вес деревянных конструкций для предварительного расчета в программном комплексе задаётся программой автоматически для арок, прогонов, элементов междуэтажного перекрытия исходя из заранее заданных в ней плотности материала и размеров сечений. Для клееной древесины класса прочности GL 32h характеристические значения принимались по СП 5.05.01-2021, а объемный вес по СН 2.01.02.

В результате анализа полученных усилий в элементах каркаса пространственной конструкции были получены максимальные усилия, по которым и производился окончательный подбор сечений и конструирование узлов сопряжения элементов каркаса. Максимальное продольное усилие в колоннах (стойках) составило 119 kN. Максимальный изгибающий момент во второстепенной балке – 6,4 kNm. Максимальный изгибающий момент в главной (радиальной) балке – 20,4 kNm. Максимальный изгибающий момент и продольное усилие в полуарке – 27,0 kNm и 103 kN.

Сечение основных полуарок составило 120x397 мм. Сечения главных радиальных балок принимались 100x231 мм. Главные балки внутри купола объединены при помощи кольцеобразной распределительной балки сечением 100x231 мм. Сечение второстепенных балок составило 100x198 мм. Сечение промежуточных стоек – 120x198 мм. Сечения деревянных элементов корректировались из условия размещения нагелей диаметром 16 мм. Каркас жилого дома представлен на рисунке 7. Для деревянных клееных элементов, использовался клей AkzoNobel.

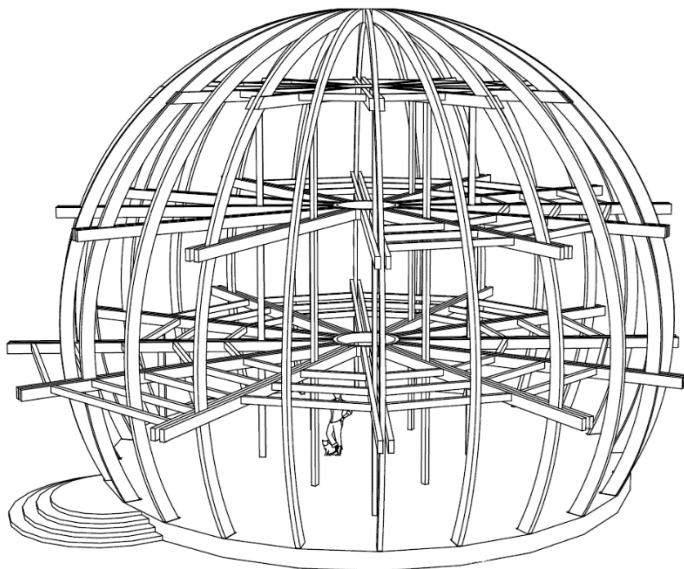


Рисунок 7 – Каркас жилого дома

Список использованных источников

1. СН 2.01.01-2022. Основы проектирования строительных конструкций. – Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 2022. – 65 с.
2. СН 2.01.02-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Объемный вес, собственный вес, функциональные нагрузки для зданий».
3. СН 2.01.04-2019. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки. – Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 2020. – 43 с.
4. СН 2.01.05-2019. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Ветровые воздействия. – Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 2020. – 128 с.
5. СП 5.05.01-2021 «Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск: 2021. – 110 с.
6. Конструкции из дерева и пластмасс. Методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» А.И. Згировский, А.В. Оковитый, 2012. – 89 с.