

Бойченко М.Б.¹, Зевакина О.А.², Гулых К.В.³©

^{1,2,3}Студент Архитектурно-строительного института,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ГИПЕРБОЛОИДНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация

В статье приведена информация о возникновении и дальнейшем применении в строительстве гиперboloидных конструкций. Отмечается большой вклад В.Г. Шухова в развитие гиперboloидных конструкций.

Ключевые слова: гиперboloидная конструкция, строительство, В.Г. Шухов.

Keywords: hyperboloid design, building, V.G. Shukhov.

Гиперboloидные конструкции в строительстве и архитектуре представляют собой сооружения в форме гиперboloида вращения или гиперболического параболоида (гипар) [1, 22]. Такие конструкции, несмотря на свою кривизну, строятся из прямых балок.

Их особенностью являются однополостный гиперboloид и гиперболический параболоид - дважды линейчатые поверхности, то есть через любую точку такой поверхности можно провести две пересекающиеся прямые, которые будут целиком принадлежать поверхности. Вдоль этих прямых и устанавливаются балки, образующие характерную решётку. Такая конструкция является жёсткой: если балки соединить шарнирно, гиперboloидная конструкция всё равно будет сохранять свою форму под действием внешних сил [2, 38].

Для высоких сооружений основную опасность несёт ветровая нагрузка, а у решётчатой конструкции она невелика. Эти особенности делают гиперboloидные конструкции прочными, несмотря на невысокую материалоемкость [3, 33].

Гиперboloидную форму конструкций ввёл в архитектуру В. Г. Шухов (патент Российской Империи № 1896; от 12 марта 1899 года, заявленный В. Г. Шуховым 11.01.1896 г.).

Основным принципом применения шуховских конструкций является закономерность между количеством стержней, образующих сетчатую поверхность гиперboloида. Пропорции гиперboloида вращения имеют зависимость от соотношения диаметров верхнего и нижнего кольца гиперboloида. Чем больше это соотношение, тем больше увеличивается высота «талы» гиперboloида. От поворота колец, от наклона стержней зависит диаметр «талы» [4, 158].

Первое в мире сооружение гиперboloидной формы и первая в мире башня (Рис. 1, а) выполненная в виде несущей сетчатой оболочки является стальная ажурная водонапорная башня, выполненная по проекту инженера В.Г. Шухова. Однополостный гиперboloид вращения первой башни Шухова образован 80 прямыми стальными профилями, концы которых крепятся к кольцевым основаниям. Сетчатая стальная оболочка из ромбовидно пересекающихся профилей упрочнена 8 параллельными стальными кольцами, расположенными между основаниями. Высота гиперboloидной оболочки башни - 25,2 метра (без учёта высот фундамента, резервуара и надстройки для обозрения). Диаметр нижнего кольцевого основания - 10,9 метра, верхнего - 4,2 метра. Максимальный диаметр бака - 6,5 метра, высота - 4,8 метра. От уровня земли из центра основания башни до уровня дна резервуара поднимается красивая стальная винтовая лестница.

В центральной части бак имеет цилиндрический проход с прямой лестницей, ведущей на смотровую площадку на верхней поверхности резервуара. Над смотровой площадкой на баке сделана гиперboloидная надстройка с прямой лёгкой лестницей, ведущей на более

высокую малую смотровую площадку. Гиперболоидная надстройка смонтирована из 8 прямых профилей, упирающихся в кольцевые основания, между которыми расположено ещё одно упрочняющее кольцо. Верхняя площадка в 1896 году имела деревянный настил и ограждение (не сохранились). Общая высота башни до верхнего кольца надстройки составляет 37 метров. Все стальные элементы конструкции башни соединены заклёпками. К выступающим из фундамента металлическим стержням арматуры, имеющим нарезанную резьбу, кольцевое стальное основание башни прикручено гайками.



Рис. 1. Гиперболоидные конструкции: а - Первая гиперболоидная башня выполненная по проекту инженера В. Г. Шухова (Нижний Новгород, 189 бг.); б - Сетчатая гиперболоидная 610-метровая телебашня в Гуанчжоу (Китай)

Башня построена В. Г. Шуховым для крупнейшей дореволюционной Всероссийской промышленной и художественной выставки в Нижнем Новгороде, проходившей с 28 мая (9 июня) по 1 (13) октября 1896 года. После окончания выставки её купил Ю. С. Нечаев-Мальцов. Башня была перевезена в разобранном виде в Полибине и установлена В. Г. Шуховым рядом с дворцом Нечаевых.

Представленные на этой же выставке другие варианты применения решетчатых конструкций – для крыш и перекрытий, сделали В.Г. Шухова первопроходцем и родоначальником нового направления в архитектуре и производстве строительных конструкций.

Гиперболоидные конструкции впоследствии строили многие известные архитекторы: Гауди, Ле Корбюзье, Оскар Нимейер. Шуховские башни востребованы и в настоящее время. В Кобе (Япония) построена 108-метровая гиперболоидная шуховская башня Kobe Port Tower. Так же наглядным примером служат такие творения как Аджигольский маяк, Гиперболоидные мачты броненосца «Император Павел I», гиперболоидные мачты американского линкора «Аризона», Aspire Tower, Сиднейская телебашня, проект «Вортекс», проект «Хрустальный остров». Шуховской сетчатой оболочкой в 2000 году знаменитый Норман Фостер перекрыл двор Британского музея в Лондоне. Современные гиперболоидные конструкции есть в США, Бразилии, арабских эмиратах, Испании, Швейцарии, Чехии,

Венгрии и Великобритании. Гигантская 610-метровая гиперboloидная сетчатая шуховская телебашня возведена к паназиатским играм 2009 года в Гуанчжоу в Китае (Рис. 1, б).

Применение гиперболических поверхностей в строительном деле стало революцией и большим техническим прорывом. В работе [5, 64] обобщены самые важные их свойства.

Во-первых, они приятны человеческому глазу. Общеизвестно, что человек лучше всего воспринимает простые формы и поверхности. Ажурный каркас башни на основе однополостного гиперboloида, масштабные шатровые конструкции, необычная форма оболочки на основе гиперболического параболоида очень эффектно смотрятся, а также гармонично вписываются в окружающий ландшафт.

Во-вторых, геометрические свойства этих поверхностей обосновывают их конструкционные качества. Возможность создания каркаса из прямых балок – самая главная особенность сооружений на основе гиперболических поверхностей.

В-третьих, почти все поверхности, которые образуются в результате пересечения гиперболических поверхностей с другими поверхностями, сохраняют их свойства – жесткость и прочность. По этой причине в одном сооружении можно сочетать разные виды поверхностей.

Литература

1. Малыхина В.С., Фролов Н.В. Сооружения из пневматических строительных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 8. – С. 22–24.
2. Смоляго Г.А., Корсунов Н.И., Крючков А.А., Луценко А.Н. Деформативность стержневых железобетонных изгибаемых элементов // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 8. – С. 38–39.
3. Малыхина В.С., Фролов Н.В., Фам С.Х. Особенности конструирования и расчета фанерных клееных балок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 4. – С. 32–37.
4. Ковалева Е.А., Ковалева Л.В., Афанасьев Д.Н. Гиперboloидные конструкции В.Г. Шухова – применение в современном строительном производстве // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2015. – № 1. – С. 157–160.
5. Ахметзянов Р.И., Данченко Л.В., Рыбалкина Р.И. Геометрические и конструктивные особенности гиперboloидных конструкций // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 4. – С. 59–64.