

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Куриц Маргарита Андреевна, студентка*

*E-mail: megik096@gmail.com*

*Слепынина Татьяна Николаевна, ст. преподаватель департамента ТО*

*E-mail: stn1522@yandex.ru*

*Нижнетагильский технологический институт (филиал) УрФУ*

*г. Нижний Тагил, РФ*

**Аннотация.** Целью данной статьи является изучение такого направления строительства, как гиперboloидные конструкции. В статье поднимается вопрос о важности и применении необычных гиперboloидных конструкций. Описана история возникновения данных сооружений, а также достоинства и недостатки технологии. В качестве примера приведен современный российский объект с конструктивным и объемно-планировочным решением.

**Ключевые слова.** Гиперboloидная конструкция, однополостный гиперboloид, решетчатая конструкция, каркас, аутригер, современные гиперboloидные конструкции.

Гиперboloидную форму конструкций ввел в архитектуру В. Г. Шухов. Сетчатая стальная башня в форме гиперboloида стала первой в мире и была разработана для крупнейшей дореволюционной Всероссийской промышленной и художественной выставки в Нижнем Новгороде, проходившей с 28 мая по 1 октября 1896 года (рис. 1). Преимущество таких конструкций заключается в высокой несущей способности, несмотря на небольшую металлоемкость [1].

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 башни – 25,2 метра (берется без учета высот резервуара, фундамента и надстройки для обозрения). Диаметр нижнего кольцевого основания – 10,9 метра, верхнего – 4,2 метра [2]. Стальная винтовая лестница расположена в центре основания и поднимается от уровня земли до дна резервуара. На смотровую площадку на верхней поверхности резервуара ведет прямая лестница, которая находится в центральной части бака.

Гиперboloидные конструкции – сооружения в форме однополостного гиперboloида или гиперболического параболоида [1]. Удивительным является то, что несмотря на свою кривизну такие сооружения строятся из прямых балок.

Ветровая нагрузка несет основную опасность для высотных сооружений, но при решетчатой конструкции она значительно уменьшается. Такие особенности делают строения прочными и устойчивыми, а также снижают затраты на материалы. Легкий монтаж позволил обойтись без лесов и подъемных кранов при строительстве Шуховской телебашни. К примеру, верхние пять секций из шести по очереди собирались внутри нижней и при помощи блоков и лебедок поднимались друг на друга.

Специальные кольца жесткости и соединения стержней между собой обеспечивают жесткость гиперboloидным башням. Как показывает практика, в местах пересечений балки чаще всего свариваются между собой. Но, даже если стержни будут закреплены шарнирно или лишь с двух концов – конструкция сохранит жесткость.

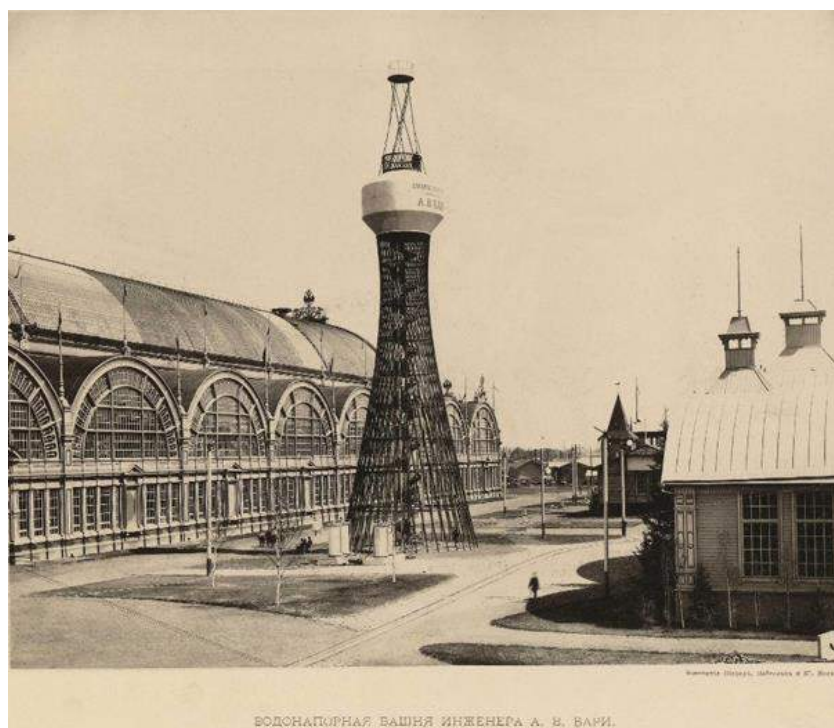


Рис. 1. Первая в мире гиперболоидная конструкция В. Г. Шухова на Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде, фотография А. О. Карелина, 1896

Вероятность потери устойчивости стержня в сжатом состоянии является причиной, по которой балки все же свариваются между собой. Необязательно скреплять стержни во всех точках пересечения, чтобы обеспечить правильную работу конструкций. Но только инженер принимает конечное решение исходя из данных проекта.

Существует два способа организации каркаса.

1. Образующие каркаса собираются из коротких элементов, не являются едиными стержнями. Для сварки встык такое решение необходимо.

2. Стержни свариваются внахлест. Такой способ является выгодным при постройке невысоких сооружений, ведь каждая образующая может быть выполнена в виде единого стержня. Такую конструкцию легко монтировать, закрепив один конец балки на фундаменте и поднимая другой с помощью подъемного крана [3].

Интересные формы, передовые технологии, высокая безопасность – все это является важными факторами в современном строительстве. Именно поэтому рождаются идеи завораживающих концептов, которые позже дорабатываются и воплощаются в жизнь. Нельзя забывать, что многие современные сооружения популярностью своих форм обязаны разработкам В. Г. Шухова, который внес неоценимый вклад в развитие строительства [4]. Хотелось бы привести в пример и рассмотреть конструктивные особенности такого необыкновенного здания, как Лахта Центр (рис. 2).

Самое высокое здание Европы – небоскреб Лахта Центр высотой 462 метра. Здание является штаб-квартирой компании Газпром. Строительство небоскреба Лахта Центр было начато в октябре 2012 года, завершено в 2018 году компанией ООО «Инфорспроект» [5].



Рис. 2. Лахта Центр

Лахта Центр имеет 86 надземных и три подземных этажа. В уровне верхнего, 86 этажа, расположена смотровая площадка. Каждые 16 этажей в башне расположены по два технических этажа, в которых помимо инженерного оборудования расположены сталежелезобетонные аутригеры, повышающие общую жесткость здания. Эти технические этажи поэтому еще называются аутригерными. Всего в башне 4 аутригерных уровня, расположенных на 17 и 18, 33 и 34, 49 и 50, 65 и 66 аутригерных (технических) этажах. В остальных этажах располагаются офисы компании Газпром. Здание имеет закрученную конусообразную форму. Плиты перекрытий имеют форму 5 квадратных лепестков, соединенных между собой круглым центральным ядром. По мере увеличения высотной отметки квадратные «лепестки» вращаются вокруг своей оси против часовой стрелки (рис. 3). Кроме того, «лепестки» по высоте становятся меньше, а их центр смещается в сторону оси круглого ядра здания [5].

Главными несущими конструкциями башни являются центральное железобетонное ядро и 10 сталежелезобетонных колонн по периметру. Для уменьшения пролетов в здании были введены еще 5 сталежелезобетонных колонн до уровня 56-го этажа. Дополнительную жесткость здания и его устойчивость к прогрессирующему обрушению обеспечивают двухэтажные аутригеры, расположенные по высоте башне каждые 16 этажей. 10 сталежелезобетонных колонн по периметру башни участвуют в восприятии как вертикальных гравитационных нагрузок, так и горизонтальных ветровых нагрузок за счет соединения через аутригеры с центральным ядром. В соответствии с архитектурной концепцией башни сталежелезобетонные колонны расположены по спирали, тем самым повторяя закрученную поверхность фасада здания [5].



Рис. 3. Схема построения геометрии Башни

Выводы: изучая материал в разных источниках, можно сказать, что, действительно, в России такие здания и сооружения, к сожалению, возводятся редко. В Китае, Канаде, ОАЭ идеи нашего советского инженера В. Г. Шухова получили большое распространение. Мы надеемся, что в будущем, таких необычных и величественных построек в России станет гораздо больше.

#### Библиографический список

1. Википедия, Гиперboloидные конструкции [Электронный ресурс] / Википедия свободная энциклопедия – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гиперboloидные\\_конструкции](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гиперboloидные_конструкции) (дата обращения: 28.09.2022)
2. Зислин В. И., Трянина Н. Ю., Преимущества гиперboloидной башни В. Г. Шухова и использование ее в современном строительстве [Электронный ресурс] / Студенческий научный форум – 2014. – Режим доступа : <https://scienceforum.ru/2014/article/2014004536> (дата обращения: 1.10.2022)
3. Виноградова, Т. П. Башня Шухова на р. Оке – Техническое и напряженно-деформированное состояние существующих конструкций / Т. П. Виноградова, А. И. Колесов, И. В. Молев [и др.] // Международный научно-промышленный форум «Великие реки – 2007». Труды конгресса. Н. Новгород. гос.архит.-строит.ун-т, 2007. – 712 с.
4. Мищенко, Р. С., Курникова А. А. Применение гиперboloидных конструкций В. Г. Шухова в современном строительстве [Электронный ресурс] / Студенческий научный форум – 2017. – Режим доступа : <https://scienceforum.ru/2017/article/2017037011> (дата обращения: 1.10.2022)
5. Алексей Шахворостов, канд. техн. наук, генеральный директор, Александр Тимофеевич, руководитель Отдела металлических конструкций, Михаил Десяткин, главный специалист (ООО Инфорспроект, 2018 год) Конструкции небоскреба Лахта Центр в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс] / INFORCE Projekt – Режим доступа : [http://inforceproject.ru/wp-content/uploads/2018/08/Lahta\\_center.pdf](http://inforceproject.ru/wp-content/uploads/2018/08/Lahta_center.pdf) (дата обращения: 06.10.2022)