

элементов. Стоит также заметить, что электросварка позволила более широко применять трубчатые и круглые сечения элементов мачты, что, как говорилось ранее, значительно снижает ветровую нагрузку. Соединение же элементов болтами, чаще всего, применимо в конструкциях вышек связи (башен), которые призваны воспринимать большую нагрузку и имеют свободностоящую устойчивую конструкцию.

Как правило, все существующие сооружения подобного типа построены с большим коэффициентом запаса прочности, что ведет к удорожанию объекта. Для снижения стоимости необходимо оптимизировать конструкцию. Такие возможности предоставляют такие программные пакеты как ANSYS, ЛИРА и другие. Они имеют в своем арсенале возможности для проведения топографических и параметрических оптимизаций. В ходе первой из них можно получить оптимальную решетку мачты, а вторая позволит выбрать рациональное поперечное сечение.

Расчет мачты выполняется для следующих условий: характеристическое значение ветрового давления, характеристическое значение ветрового давления при гололеде, тип местности, характеристическое значение толщины стенки гололеда.

#### **Список літератури**

1. СНиП III-18-75 «Металлические конструкции».
2. ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия».
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Строительная климатология».
4. ВСН 600-81 «Инструкция по монтажу сооружений устройств связи, радиовещания и телевидения».

### **PECULIARITIES OF CALCULATION OF MAST CONSTRUCTION**

*Features of mast constructions of various design solutions are considered depending on the purpose of the structure, load, conditions of erection and other factors.*

УДК 624.3

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕБРИСТО-КОЛЬЦЕВОГО КУПОЛА В ПРОГРАММЕ ANSYS**

**Куприянов Д.В., магистр**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Конструктивные возможности куполов и оболочек далеко не исчерпаны и представляется возможным повысить эффективность этих конструкций искусственным регулированием усилий и деформаций, то есть предварительным напряжением. Возможно регулирование усилий и деформаций в

процессе эксплуатации конструкции, в этом случае оболочку можно рассматривать как механизм и трансформируемую пространственную структуру.

Конструкция ребристых куполов [1] состоит из трех основных элементов: нижнего опорного кольца, собственно ребер и верхнего кольца. Плоские ребра устанавливаются в радиальном направлении и соединяются между собой в вершине с помощью верхнего кольца, внизу они обычно опираются на нижнее опоры и кольцо. В этом случае составляющие опорного давления у ребер на фундаменты будут только вертикальные. Горизонтальный распор воспринимается опорным кольцом. При наличии скальных грунтов возможно шарнирное или жесткое опирание ребер непосредственно на фундамент без устройства опорного кольца. Соединение ребер у вершины купола может быть шарнирное либо жесткое.

Аналитический расчет подобных конструкций весьма трудоемок, и построен на упрощающих гипотезах, что заведомо снижает его точность. В этой связи эффективным представляется численный анализ с использованием современных инженерных программ.

В качестве объекта исследования выбран ребристо-кольцевой купол, который представляет собой конструкцию диаметром 30 м, диаметр верхнего кольца 1.2 м, высота подъема 15 м. Каркас купола состоит из 8 ребер и пяти ярусов промежуточных колец. Четыре сектора имеют раскосы в каждом ярусе. Купол жестко опирается на железобетонное основание. Поперечное сечение ребер выполнено из прокатного профиля типа швеллер № 18, кольца и раскосы из уголка № 100×100×16. Для обеспечения устойчивости ребер купола и неизменяемости его в целом, по крайней мере, в двух отсеках, должны быть установлены сверху до низа купола жесткие связевые панели.

Конструкция состоит из 130 элементов. Узловые соединения всех элементов купола выполнено сваркой. Общий вес конструкции 21 т.

С точки зрения строительной механики конструкция купола представляет собой статически неопределимую систему, состоящую из тонкостенных стержней. Сложность конструкции делает невозможным ее точный аналитический расчет и приводит к необходимости использования численных методов.

Так как купол состоит из повторяющихся сегментов, при построении смоделирована четверть конструкции, которая затем скопирована.

Построенная в ANSYS [2] конечно-элементная модель купола состоит из 1194 элементов и 3496 узлов.

В соответствии с ДБН В.1.2-2:2006 “Нагрузки и воздействия” в работе рассматриваются три основных нагрузки на купол: ветровая, снеговая и собственный вес [3].

Следуя общепринятой практике, анализ НДС конструкции в работе выполняется по величинам изгибающих моментов, эквивалентных

напряжений и общих деформаций. Эпюра эквивалентных напряжений представлена на рис. 1.

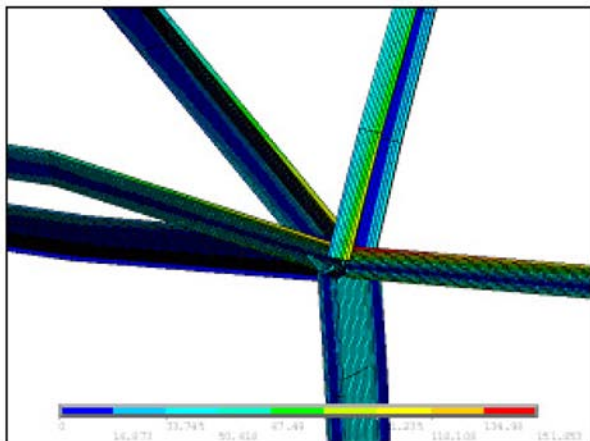


Рис. 1. Фрагмент эпюры напряжений

Максимальные эквивалентные напряжения по гипотезе Губера-Мизеса составили  $\sigma_{\max} = 151 \text{ МПа}$ , что находится в допустимых пределах. Максимальное суммарное перемещение конструкции равно 67 мм.

Проведен расчет ребристо-кольцевого купола в программе ANSYS. Получены величины изгибающих моментов, эквивалентных напряжений и перемещений. Наибольшие расчетные суммарные значения перемещений узлов составили 1/440 диаметра купола. Анализ результатов расчета ребристо-кольцевого купола позволил установить, что конструкция характеризуется небольшой деформативностью, технологичностью конструктивного решения и высокой скоростью монтажа и демонтажа. Рассчитанная конструкция купола обладает достаточной прочностью, жесткостью и надежностью с коэффициентом безопасности по нагрузке 1,2.

#### Литература

1. Липницкий М.Е. Купола (расчет и проектирование) / М.Е. Липницкий. — М., Издательство литературы по строительству, 1973. — 129 с.
2. Федорова Н.Н. Основы работы в ANSYS 17 / Н.Н. Федорова, С.А. Вальгер, М.Н. Данилов, Ю.В. Захарова — М.: ДМК Пресс, 2017. — 210 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. — К.: Мінбуд України, 2006. — 77 с.

#### **SIMULATION OF A RIBBLE RING DOME IN THE ANSYS PROGRAM**

*The calculation of the ribbed-ring dome in the ANSYS program is carried out. The values of bending moments, equivalent stresses and displacements are obtained.*