

05.13.18

<sup>1,2</sup>А.Д. Зиганшин, <sup>1</sup>Л.Ш. Ахтямова, <sup>2</sup>И.З. Гатиятов, <sup>2,3</sup>Л.С. Сабитов, <sup>3</sup>И.К. Киямов

<sup>1</sup>Донской государственной технической университет,  
Ростов-на-Дону,

<sup>2</sup>Казанский государственный энергетический университет,

<sup>3</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Казань

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ СООРУЖЕНИЙ БАШЕННОГО ТИПА

В данной статье рассматривается новая эффективная конструкция сооружения башенного типа (опоры линий электропередачи (ЛЭП), опора ветроэлектрических установок (ВЭУ) и т.д.). Проводятся расчеты в программном комплексе, реализующие метод конечных элементов ANSYS с целью определения напряженно-деформированного состояния (НДС) и верификации результатов исследования с экспериментальными данными.

Ключевые слова: сооружение башенного типа, опора линии электропередачи, метод конечных элементов, компьютерное моделирование, теория прочности по Мизесу.

В данной статье авторами предлагается новая конструкция сооружения башенного типа (Рисунок 1) и метод расчета.

На рисунке 1 показан фрагмент опоры только из двух секций многогранного сечения; разрез 1-1; показан общий вид стального листа из которых изготовлена секция; общий вид процесса трапецевидной подвижки верхней секции на нижнюю.

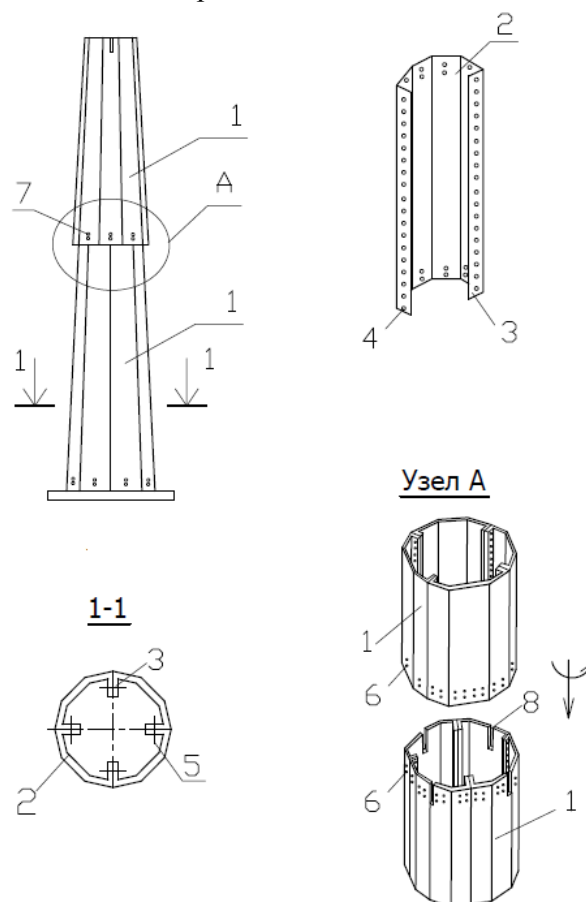


Рис. 1 – Конструкция сооружения башенного типа

Опора из секций многогранного сечения состоит из секций 1, при этом секция состоит из специальных стальных листов с гранями 2 в отгибах кромок 3, в которых выполнены отверстия 4, для болтов 5. По периметру соединения секций выполнены совместно отверстия 6 для соединения болтов 7.

Сборка конструкции осуществляется следующим образом. В начале из стальных листов собирают секции 1. Секция собирается из листов путем установки болтов 5 в отверстие 4.в отгибах кромок листов 3. В верхней части собранной секции предусматривают вырезы 8 для пропуска отгибов 3 кромок листов верхней секции. Верхняя секция 1 поворачивается до совмещения отгибов с вырезами и телескопически надвигается на нижнюю секцию. После надвигки секции устанавливаются болты 7, которые вставлены в совмещенные отверстия 7 в нижней и верхней секции.

Далее проводилось численное исследование предлагаемой конструкции в ПК «ANSYS» и натурный эксперимент на полигоне КГЭУ.

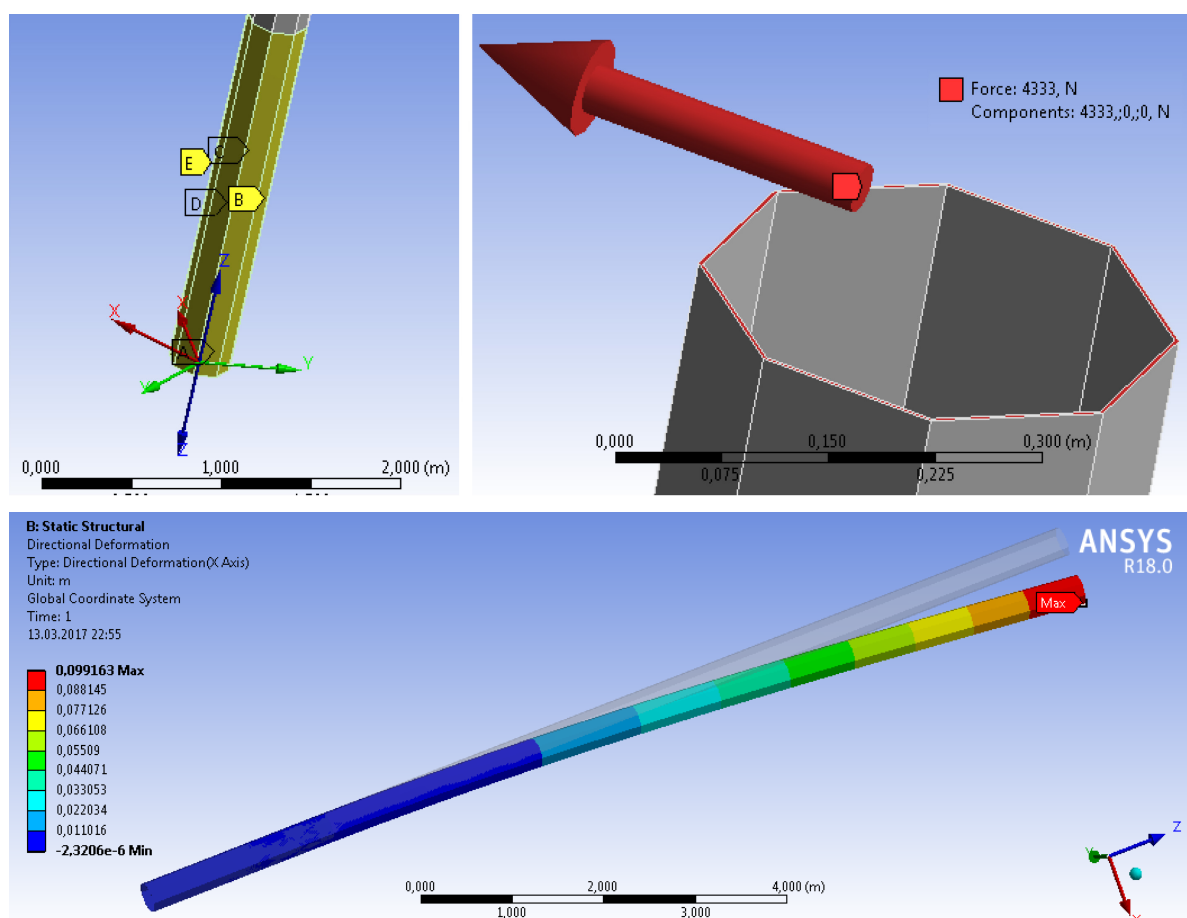


Рис. 2 – Численное исследование конструкции сооружения башенного типа

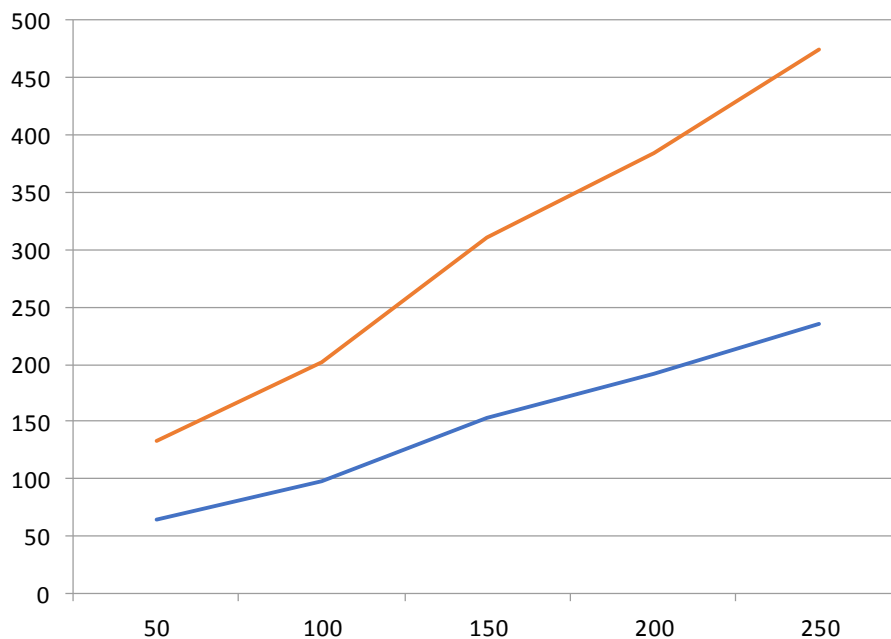


Рис. 3 – Сравнение напряжения по Мизесу численно и теоретически в точке 1

На рисунке 3 приведен сравнительный анализ теоретических и экспериментальных данных.

Таблица №1 – Сравнение результатов расчета конструкции

№ точки испытания	Напряжение по Мизесу Р <sub>m</sub> (Мпа), при результирующей нагрерулке, Р <sub>i</sub> Мпа									
	Результаты моделирования на ANSYS					Результаты испытания на установке				
	50	100	150	200	250	50	100	150	200	250
<b>1</b>	68	103	157	194,2	240,5	65	98	153	192,6	234,6
<b>2</b>	56,2	75,9	100,5	132	174,2	54,6	72,9	97,2	129,6	172,9
<b>3</b>	38,2	51,3	66,2	87,3	117,2	36,1	48,1	64,2	85,6	114,2
<b>4</b>	27,7	36,9	44,1	62,7	83,5	25,8	34,4	45,9	61,2	81,7
<b>5</b>	14,4	17,8	23,7	31,8	40,9	12,3	16,5	22	29,4	39,3
<b>6</b>	5,8	6,4	8,3	11,5	15,6	4,3	5,7	7,7	10,3	13,8
<b>7</b>	4,4	5,3	6,7	8,9	11,5	3,15	4,2	5,6	7,5	10,3
<b>8</b>	1,8	2,6	4,2	5,6	6,4	1,3	1,8	2,4	3,2	4,3
<b>9</b>	0,75	0,89	1,1	1,74	2,1	0,43	0,58	0,78	1,05	1,4

Для наглядного eliability методов представления приведены graduate проведения графики напряжений натяжения алюминиевых по Мизесу жесткость бирбраер в пиковой следующих обстоятельством точке №1 изополей реальному параметрические напряжения анкерного основные .

**Выводы:**

1. Предложена новая эффективная конструкция сооружения башенного типа, новизна которой подтверждается решением о выдаче патента на изобретение РФ (заявка № 2020128337 от 27.08.2020).
2. Анализ расчетов показал, что сходимость теоретических и экспериментальных исследований конструкции сооружения башенного типа находится в пределах 7-12%.

**Список литературы**

1. *Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Богданович А.У.* Напряженно-деформированное состояние слабokonичного стержня переменного сечения Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 7 (90). С. 71-77.
2. *Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Хамидуллин И.Н.* СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ОПОРЫ МНОГОГРАННОГО СЕЧЕНИЯ Патент на изобретение RU 2556603 С1, 10.07.2015. Заявка № 2014121172/03 от 26.05.2014.
3. Патент на изобретение RU 2707898 С1, 02.12.2019. Заявка № 2019113023 от 26.04.2019. Трехгранная решетчатая опора Бадертдинов И.Р., Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Ахтямова Л.Ш., Мезиков А.К.
4. *Кузнецов И.Л., Сабитов Л.С., Исаев А.В.* КОНСТРУКЦИИ С СОЕДИНЕНИЯМИ СТАЛЬНЫХ ТРУБ РАЗНОГО ДИАМЕТРА монография М-во образования и науки Российской Федерации, Казанский гос. архитектурно-строительный ун-т. Казань, 2012.
5. *Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Гатиятов И.З.* ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЗЛОВ СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ РАЗНОГО ДИАМЕТРА В ОПОРАХ КОНТАКТНЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА Вестник гражданских инженеров. 2014. № 6 (47). С. 90-95.
6. *Стрелков Ю.М., Радайкин О.В., Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л.* СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СТАЛЬНЫХ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ "ОПОРА - ФУНДАМЕНТ - ГРУНТ ОСНОВАНИЯ" Строительная механика и расчет сооружений. 2019. № 1 (282). С. 71-79.
7. *Гатиятов И.З., Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л.* Анализ результатов, полученных при механических испытаниях фрагментов опор электрического транспорта. В сборнике: Эффективные строительные конструкции: теория и практика сборник статей XIV Международной научно-технической конференции. Под редакцией Н.Н. Ласькова. 2014. С. 42-45.
8. Положительное решение о выдаче патента на изобретение от 27.01.2021 по заявке № 2020128337 от 27.08.2020.