



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

№2, ТОМ 15 (2009) 133-140

УДК 624.131.8

(09)-0191-1

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДУВАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ КІНЦЕВО-ЕЛЕМЕНТНОЇ МОДЕЛІ БАГАТОГРАННИХ ГНУТИХ СТІЙОК В ПРОГРАМНО - ОБЧИСЛЮВАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ SCAD OFFICE

В.М. Василев, І.М. Гаранжа

*Кафедра "Металеві конструкції", Донбаська національна академія будівництва і архітектури, вул. Державіна 2, 86123, м. Макіївка, Україна.
E-mail: gaigo_84@mail.ru*

Отримана 13 квітня 2009; прийнята 17 квітня 2009

Анотація. Метою статті є аналіз впливу запропонованих видів розрахунку (аналітичного, лінійного та нелінійного) на НДС для різних рівнів дискретизації розрахункової схеми. Ця стаття розглядає доцільність застосування методу кінцевих елементів (МКЕ), втіленого в програмно-обчислювальному комплексі SCAD, для розрахунку конструкцій на основі багатогранних гнутих стійок (БГС) на етапі попереднього розрахунку чи первісних теоретичних досліджень. Описується принцип вибору КЕ для побудови розрахункової схеми БГС. Окрім цього, в статті наводиться алгоритм визначення оптимальної розрахункової схеми. У висновках проводиться аналіз результатів розрахунку напружено-деформованого стану (НДС) в залежності від рівня дискретизації моделі та типу розрахунку.

Ключові слова: багатогранні гнуті стійки, напружено-деформований стан, метод кінцевих елементів, оптимальна розрахункова схема, дискретизація, метод розрахунку.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ МНОГОГРАННЫХ ГНУТЫХ СТОЕК В ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD OFFICE

В.Н. Васильев И.М. Гаранжа

*Кафедра "Металлические конструкции", Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ул. Державина 2, 86123, г. Макеевка, Украина.
E-mail: gaigo_84@mail.ru*

Получена 13 апреля 2009; принята 17 апреля 2009

Аннотация. В данной статье целью ставится анализ влияния предложенных видов расчета (аналитического, линейного и нелинейного) на НДС для различных уровней дискретизации расчетной схемы. Эта статья рассматривает целесообразность применения метода конечных элементов (МКЭ), реализованного в программно-вычислительном комплексе SCAD, для расчета конструкций на базе многогранных гнутых стоек (МГС) на стадии предварительного расчета или при первоначальных теоретических исследованиях. Описывается принцип выбора КЭ для построения расчетной схемы. Кроме этого в статье приводится алгоритм определения оптимальной расчетной схемы МГС. В заключении проводится анализ результатов расчета напряженно-деформированного состояния конструкции (НДС) в зависимости от уровня дискретизации модели и вида расчета, а также приводятся основные выводы.

Ключевые слова: многогранные гнутые стойки, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов, оптимальная расчетная схема, дискретизация, метод расчета.

PECULIARITIES PLOTTING A DESIGN FINITE-ELEMENT MODEL OF POLYHEDRAL BENT BAYS IN THE COMPUTER SYSTEM SCAD OFFICE

V.N. Vasylev, I.M. Garanzha

Department of metal structures, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Derzavin str. 2, 86123, Makeyevka, Ukraine.
E-mail: gaigo_84@mail.ru

Received 13 April 2009; accepted 17 April 2009

Abstract. The purpose of the article is to analyze an influence of the given kinds of computation (analytical, linear and nonlinear) on the IDC for various levels of a design digitization scheme. There is considered a reasonability of using the finite-element method (FEM) implemented in the software-computer system SCAD to design structures on the base of many-sided bent bays at the stage of pre-computation or at the initial theoretical researches. There is described a principle of choosing Fes to design a model. Besides there is given an algorithm of determining an optimal design scheme MBR. In the conclusion there are analyzed the results of calculating the mode of a structure deformation (MSD) depending on the level of the digitization model and a calculation type, the main conclusions are given too.

Keywords: more-sided bent bays, mode of deformation, finite-element method, optimum design scheme, digitization, method of calculation.

Введение

В данное время расчет и проектирование конструкций, в частности многогранных гнутых стоек (МГС), выполняется с использованием программных комплексов Lira, SCAD и др., которые требуют определения особенностей создания расчетной схемы (тип и размер конечного элемента, условия сопряжения элементов в пространстве и т.д.). В связи с чем было принято решение оценить влияние особенности создания расчетной схемы на результирующий параметр — напряженно-деформированное состояние конструкции (НДС).

Численное исследование напряженно деформированного состояния (НДС) стойки МГС (см. рис. 1) сводится к расчету кольцевых и меридиональных напряжений (N_x и N_y соответственно), возникающих в приопорной зоне, а также определение перемещений характерных точек конструкции по двум видам расчета: линейном расчете и расчете с учетом геометрической нелинейности конструкции. Как следует из [8, 9], МГС являются тонкостенными листовыми конструкциями, а значит при расчете должна учитываться их геометрическая нелинейность. Поэтому целью работы, описан-

ной в данной статье, ставится анализ влияния предложенных видов расчета на НДС для различных уровней дискретизации расчетной схемы МГС при расчете в программно-вычислительном комплексе SCAD Office.

Интересующее нас НДС зависит от формы поперечного сечения МГС (количества граней, n), от геометрических размеров сечения, а также от методики построения расчетной схемы

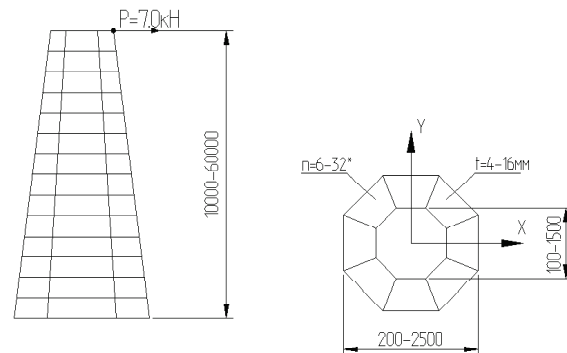
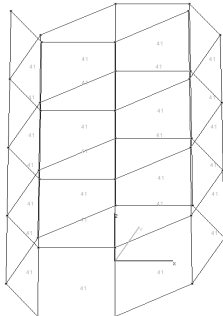
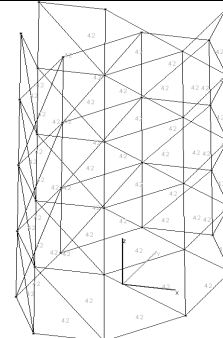
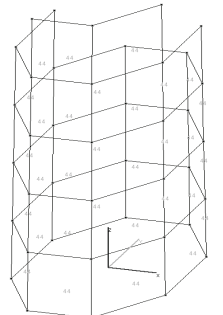
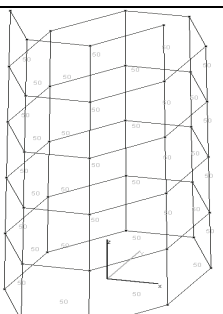


Рис .1. Геометрическая схема модели МГС.
 n — возможное количество граней стойки; t — толщина грани стойки.

Таблица 1. Значения нормальных и касательных напряжений при изменении типа КЭ.

Тип КЭ	Вид	Напряжения (т/см ²)			
		N _x	N _y	τ _{xy}	σ
1	2	3	4	5	6
41		0,78	-2,6	0,58	2,69
42		0,68	-2,05	0,47	2,42
44		0,77	-2,58	-0,58	2,50
50		0,74	-2,52	0,48	2,48

пользовании типов КЭ "44" и "50" составляет 0,8%. Следовательно, в дальнейших расчетах будет использоваться тип КЭ "44" как наиболее универсальный, так как тип КЭ "41" недопустим из-за конусообразной геометрической формы расчетной модели стойки и результат при его использовании, значительно отличается от других типов КЭ. Применение треугольного типа КЭ "42" приведет к увеличению числа элементов и незначительно повлияет на результат.

2. Определение оптимальной расчетной схемы модели МГС

Первым шагом при проектировании любой конструкции является создание расчетной схемы. Последняя должна наиболее точно характеризовать проектируемую конструкцию, однако ее схема должна быть как можно проще. При расчете цилиндрических, а также конусообразных металлических башен в программном комплексе SCAD необходимо задать несколько параметров. Помимо высоты, диаметров у основания и у оголовка, толщины стенки оболочки SCAD требуют ввода количества сегментов. Программа представляет конус в виде оболочки, состоящей из множества пластин.

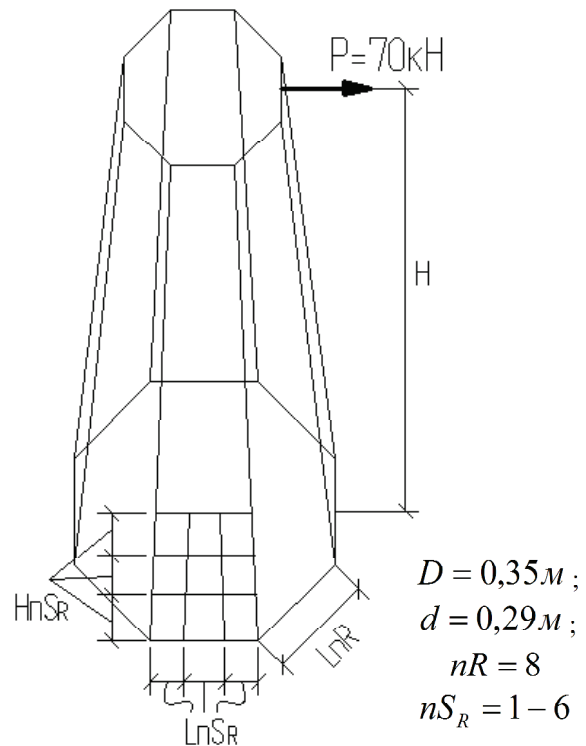


Рис. 3. Параметры единичных пластин — оценка влияния размера конечного элемента на результаты расчета.

Изменение приведенных напряжений при изменении типа конечного элемента

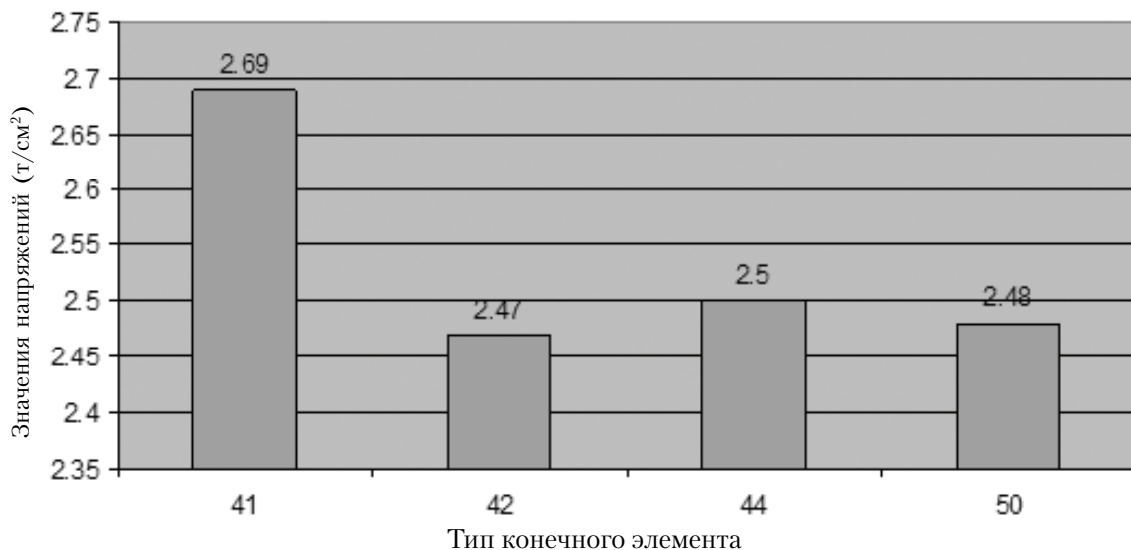


Рис. 2. График изменения приведенных напряжений в зависимости от типа КЭ.

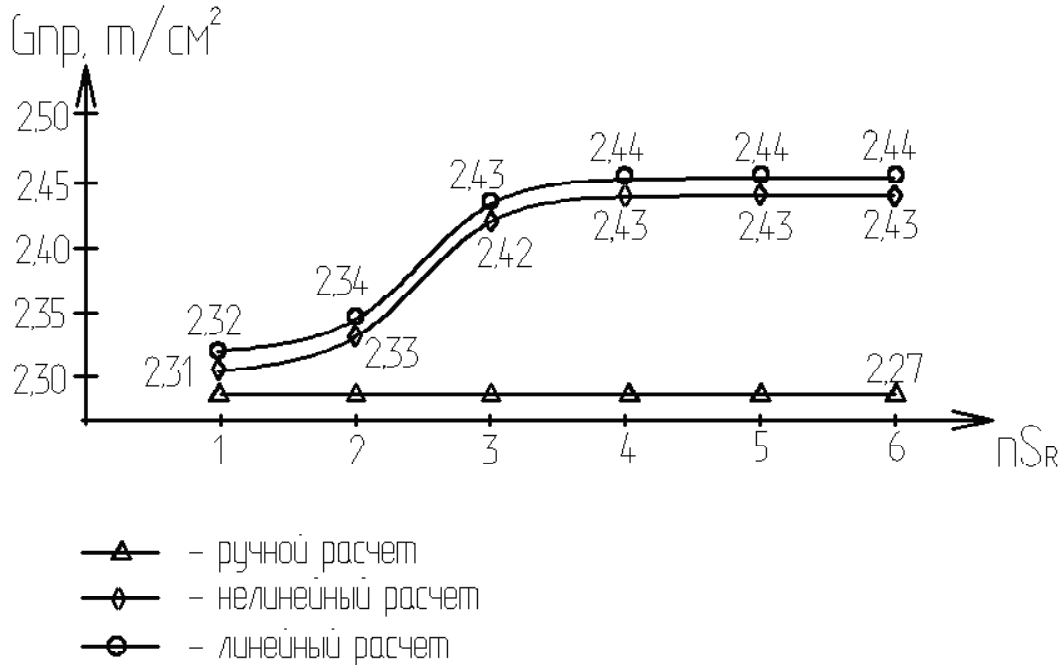


Рис. 4. График сравнения результатов расчета напряжений.

Целью нижеизложенных расчетов является поиск оптимальных параметров единичных пластин, на которые будет разбита стойка в форме усеченного восьмигранного конуса с параметрами: (см рис. 3).

В процессе расчетов подбиралось оптимальное количество nS_R сегментов, на которое будут разбиты грани, и разница в напряжениях одной и той же расчетной точке не будет превышать 5%. В качестве расчетных будем принимать пластины, расположенные на высоте 15см от основания со стороны действия силы P_x . Значения напряжений в точке принимались между значениями nS_R и nS_{R+1} .

Суммарные напряжения определялись согласно формуле [1, 2]:

$$\sigma = \sqrt{N_x^2 + N_y^2 - N_x \cdot N_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq 1,15 \cdot R \cdot \gamma_n$$

Начальным значением будет $nS_R=1$, то есть грань остается в первоначальном виде. Дальнейшее значение nS_R будет увеличиваться на 1.

В качестве нагрузки будет использоваться $P_x = 70кН$ (рис. 3).

Таким образом, конструкция стойки с фиксированными параметрами высоты, диаметров и значением граней $nR=8$ была рассчитана при различном количестве сегментов nS_R на которые разбивалась грань модели МГС. Соотношение ширины и высоты единичной пластины: $HnS_R/LnS_R \approx 1$.

Таблица 2. Результаты расчета напряжений модели МГС.

nSR	Вид расчета	$\sigma_{пр}$, т/см ²
1	2	3
1	линейный	2,32
	нелинейный	2,31
2	линейный	2,34
	нелинейный	2,33
3	линейный	2,43
	нелинейный	2,42
4	линейный	2,44
	нелинейный	2,43
5	линейный	2,44
	нелинейный	2,43
6	линейный	2,44
	нелинейный	2,43

3. Расчет НДС восьмигранной гнутой стойки

Результаты расчета напряжений сводим в таблицу 2. График сравнения значений приведенных напряжений при 3-х видах расчета (ручном, линейном и нелинейном) приведен на рис. 4.

Для полного представления о НДС конструкции необходимо провести расчет перемещений характерных точек конструкции. Характерными точками будем считать точки, расположенные на вершине стойки, т.е. верхние точки крайних пластин [2]. Для сравнения проведем расчет по двум видам: линейному и нелинейному. Последние два будут реализованы в

программно-вычислительном комплексе SCAD Office, с учетом дискретизации расчетной схемы. Расчет будет выполнен на нагрузку, как и при определении напряжений.

Результаты расчета перемещений сводим в таблицу 3.

Выводы

1. Достаточный уровень дискретизации модели МГС при $nS_R=3$, так как дальнейшее увеличение nS_R не приведет к существенному изменению значений напряжений и перемещений.

Таблица 3. Результаты расчета перемещений модели МГС.

Значение nS_R	Вид расчета	Значение перемещений, f_i , мм			Σf_i , мм	Δ , %
		f_x	f_y	f_z		
1	2	3	4	5	6	7
1	линейный	11,66	0,01	-1,17	11,72	13,8
	нелинейный	10,05	0	-1,00	10,10	
2	линейный	11,72	0,02	-1,18	11,75	12,8
	нелинейный	10,30	0	-1,01	10,36	
3	линейный	12,09	0,03	-1,22	12,16	12,8
	нелинейный	10,84	0	-1,01	10,92	
4	линейный	12,09	0,03	-1,22	12,16	12,8
	нелинейный	10,87	0	-1,01	10,92	
5	линейный	12,10	0,03	-1,22	12,17	12,8
	нелинейный	10,89	0	-1,01	10,93	
6	линейный	12,11	0,03	-1,22	12,18	12,8
	нелинейный	10,91	0	-1,01	10,93	

2. Разница значений суммарных напряжений при линейном и нелинейном расчетах, проведенных при помощи программы SCAD, не превышает 1%, т.е. определение значений напряжений в теле МГС не зависит от вида расчета.
3. Разница значений суммарных напряжений, полученных при расчете методом КЭ (SCAD) и расчете по методике СНиП II-23-81* при уровне дискретизации модели $nS_R=3$, составляет 6,9%.
4. Результаты расчета перемещений зависят от вида расчета. Разница значений перемещений между линейным и нелинейным расчетом составляет 13-14%.

Литература

1. СНиП II-23-81*. Нормы проектирования. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1991. - 96с.
2. Пособие по проектированию стальных конструкций опор воздушных линий (ВЛ) электропередачи и открытых распределительных устройств (ОРУ) подстанций напряжением выше 1кВ (к СНиП II-23-81*). - М.: Энергосетьпроект Минэнерго СССР, 1989. - 72с.
3. Правила улаштування електроустановок, глава 2.5 "Повітряні лінії електропередавання напругою вище 1кВ до 750кВ". - К.: "ТРИФЕ", Мінпаліверенерго України, 2006. - 125с.
4. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. "Расчетные модели сооружений и возможность их анализа". Издание 2-е, дополненное и переработанное. - К.: Издательство "Сталь", 2005. - 618с.
5. Андриевский В.Н. и др. Эксплуатация воздушных линий электропередачи. Издание 2-е, дополненное и переработанное. - М.-Л.: издательство "Энергия", 1966. - 624с.
6. ДБН В.1.2: 2006 "Нагрузки и воздействия". Нормы проектирования. - К.: Минстрой Украины, 2006. - 61с.
7. Горохов Е.В., Мушанов В.Ф., Васылев В.Н. "Обследование и испытание несущих конструкций зданий и сооружений". Учебное пособие. - К.: УМК ВО, 1991. - 56с.
8. Материалы I и II Международных конференций "Многогранные гнутые стойки". - Кременец (Николаевка), 2006-07. - 370с.
9. Гунгер Ю.Р., Пивчик И.Р. "Разработка новых конструкций опор ВЛ из гнутых металлических профилей нетрадиционных форм"// Электрические станции. - М.: 2003. - №3. - с.48-50.
10. IEC 60826 " Design criteria of overhead transmission lines/. Ed.: 3.2002. - 186p.
11. CIGRE, Working Group B2.15 "Consultations Model for Overhead Power Lines Projects", #274, Paris, 2005.
12. CIGRE, Working Group B2.06 "The influence of line configuration on environment impacts of electrical origin", #278, Paris, 2005.
13. Investigation Project "Upraiting of Transmission Lines 110kV in the Canadian Power System", ALSTOM, January 2002.
14. G. Spate "Regulation in field of overhead power lines and their foundation in study Committee 22. 23rd Symposium Juko CIGRE, May 1997. - 15p.
15. International electronic vocabulary IEC with therms, Toronto: 1996. - 310p.

Василев Володимир Миколайович — к.т.н., доцент кафедри "Металеві конструкції" ДонНАБА, начальник Лабораторії Випробування Будівельних конструкцій та споруд (ЛВБКтаС). Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи металевих конструкцій.

Гаранжа Ігор Михайлович — аспірант кафедри "Металеві конструкції" ДонНАБА. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи ґратчастих та багатограних листових опор повітряних ліній електропередавання.

Васылев Владимир Николаевич — к.т.н., доцент кафедри "Металлические конструкции" ДонНАСА, начальник Лаборатории Испытания Строительных Конструкций и Сооружений (ЛИСКиС). Научные интересы: изучение действительной работы металлических конструкций.

Гаранжа Игорь Михайлович — аспирант кафедри "Металлические конструкции" ДонНАСА. Научные интересы: изучение действительной работы решетчатых и многогранных листовых опор воздушных линий электропередачи.

Vasylev Volodymyr MYkolayovych — Ph. D. (Eng.), an Associate Professor of "Metal Structures" Department, the DNACEA. Scientific interests: study of a valid work of metal structures.

Garanzha Igor Mykhailovych — a post-graduate student of "Metal Structures" Department, the DNACEA. Scientific interests: study of a valid work of lattice and many-sided sheet towers of overhead power lines.