



Сравнение ПВК SCAD Office и Лира-САПР на примере расчёта башни связи

А.В. Иоскевич¹, А.В. Савченко²

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 69.04

Научная статья

История

Подана в редакцию 1 июня 2014
Принята 14 сентября 2014

Ключевые слова

пространственные металлические
конструкции,
метод конечных элементов,
SCAD Office,
ЛИРА-САПР,
антенно-мачтовое сооружение,
ветровая нагрузка,
башня связи

АННОТАЦИЯ

В качестве меры повышения качества расчётных обоснований проектных решений, Главгосэкспертиза России в 2004 году высказала предложение: «...осуществлять расчёты не менее чем по двум сертифицированным, независимо разработанным и проверенным в практике программным комплексам, проводить сопоставительный анализ полученных результатов».

В статье рассмотрены результаты исследований по анализу напряженно-деформированного состояния конструкции башни связи с помощью конечно-элементного моделирования. В процессе исследования осуществлены следующие операции: выполнен анализ требований и рекомендаций, содержащихся в современной технической литературе и технической литературе прошлых лет о сооружениях связи; выполнено сопоставление положений отечественных и зарубежных стандартов по расчету высотных сооружений относительно направлений ветра и сочетаний нагрузок, которые необходимо рассматривать при расчете башен связи; созданы пространственные конечно-элементные модели в программно-вычислительных комплексах SCAD Office 11.5 и ЛИРА-САПР; заданы расчётные сочетания усилий, комбинации загружений и нагрузок от фрагмента схемы; определены нагрузки на фундаменты; проведён сравнительный анализ результатов расчёта пространственной модели в ПВК SCAD Office 11.5 и ЛИРА-САПР. Уделено внимание основным особенностям и проблемам, которые могут возникнуть при расчёте конструкции башни связи в данных ПВК.

Содержание

Введение	8
Обзор литературы	8
Постановка задачи	9
Характеристика объекта	9
Создание КЭ модели в ПВК SCAD Office и ЛИРА-САПР	9
Сбор нагрузок	11
Загружения и их сочетания	14
Анализ НДС системы и сравнение результатов расчётов в ПВК SCAD 11.5 и ПВК ЛИРА-САПР	14
Выводы	16

1

Контактный автор:

+7 (911) 819 1927, anton-ioskevich@mail.ru (Иоскевич Антон Владимирович, магистрант)

2

+7 (911) 115 3597, ya.int@yandex.ru (Савченко Алексей Владимирович, ассистент)

Введение

Любое освоение территорий — расширение городских территорий, разработка газовых и нефтяных месторождений, строительство ж/д и автомобильных дорог и т.д. сопровождается прокладкой сетей сотовой связи.

В России сейчас осуществляется ряд проектов по строительству нефте-, газопроводов, ж/д и автомобильных дорог.

Наиболее известные из них:

- Нефтепровод «Заполярье — Пурпе»;
- «Мурманский нефтепровод»;
- газопровод «Сахалин — Хабаровск — Владивосток»;
- порт «Усть-Луга».

Существуют ещё проектируемые нефте-, газопроводы, ж/д дороги.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что потребность в антенно-мачтовых сооружениях (АМС) довольно высока и ещё долго будет поддерживаться.

В качестве меры повышения качества расчётных обоснований проектных решений, Главгосэкспертиза России в 2004 году высказала предложение: [12] «...осуществлять расчёты не менее чем по двум сертифицированным, независимо разработанным и проверенным в практике программным комплексам, проводить сопоставительный анализ полученных результатов».

Благодаря высокой приспособленности метода конечных элементов (МКЭ) к возможностям современной вычислительной техники в настоящее время существует множество самых различных по своей направленности и по своим возможностям программно-вычислительных комплексов (ПВК), реализующих метод конечных элементов. Из числа ПВК, используемых при выполнении расчетов, сопровождающих строительное проектирование, отметим ANSYS, COSMOS/M, Лира-САПР, SCAD, STAAD Pro, FEM models, PLAXIS, Robot Millennium.

ПВК SCAD и ПВК Лира-САПР были выбраны для сравнения в данной работе, из-за их доступности, широты распространения, соответствия СНиП и ГОСТ. Так же эти ПВК внедрены и широко используются в учебном процессе.

Лира-САПР — данный программный комплекс предназначен для численного исследования прочности и устойчивости конструкций, а также для автоматизированного выполнения ряда процессов конструирования. ПВК «Лира-САПР» обеспечивает исследование широкого класса конструкций: пространственные стержневые и оболочечные системы, массивные тела, комбинированные системы — рамно-связевые конструкции высотных зданий, плиты на грунтовом основании, ребристые плиты, многослойные конструкции.

SCAD Office — программный комплекс нового поколения - позволяет проводить расчет и проектирование стальных и железобетонных конструкций. В состав комплекса входят универсальная программа конечно-элементного анализа SCAD, а также ряд функционально независимых проектно-расчетных и вспомогательных программ. Программа SCAD предназначена для расчета сооружения в целом. Другие проектно-расчетные программы ориентированы на выполнение детальных проверочных расчетов несущих строительных конструкций (отдельных балок, колонн, плит) в соответствии с действующими нормами.

Основа работы с этими ПВК изложена в [10-12].

Обзор литературы

Основные исследования по проектированию и расчёту антенно-мачтовых сооружений были проведены в 60-70-х годах прошлого века. Учебная литература представлена теми же годами [6-9]. В этих работах описаны расчёты без использования современных ПВК и по устаревшим нормативным документам.

Существуют научные работы, описывающие расчёт антенно-мачтовых сооружений в современных ПВК [13-16].

Несмотря на большое количество научных работ, публикаций по данной тематике, большая часть работ посвящена расчёту в программном комплексе ПВК SCAD Office и не рассматривают варианты расчёта в других ПВК.

Несмотря на предложение Главгосэкспертизы России относительно повышения качества расчётных обоснований проектных решений, озвученное в 2004 году [12], на местах оно не выполняется. Как следствие, существует относительно малое количество работ, где сравнивали бы ПВК SCAD Office и ЛИРА-САПР.

Постановка задачи

Цель данной статьи — исследовать напряженно-деформированное состояние несущих конструкций башни связи на моделях расчётных схем, созданных в средах SCAD и ЛИРА, сравнить результаты расчёта пространственных моделей в ПВК SCAD Office 11.5 и ПВК ЛИРА-САПР.

Из поставленной цели вытекают следующие задачи:

1. разработка пространственной конечно-элементной модели;
2. определение нагрузок расчётной модели;
3. конечно-элементное исследование напряжённо-деформированного состояния модели;
4. определение нагрузок на фундаменты;
5. сравнение результатов расчёта пространственной модели в ПВК SCAD Office 11.5 и ПВК ЛИРА-САПР.

Характеристика объекта

Стальная секционная сборная на болтах свободстоящая башня (высота $H=30$ м). Башня представляет собой пространственную четырёхгранную ферму с поясами и решеткой из угловых равнополочных прокатных профилей. Конструкция ствола башни состоит из шести секций с номинальной длиной пояса 5 м. Секции имеют вид усечённой правильной четырёхгранной пирамиды. Уклон поясов пирамидальной части башни постоянен по её высоте. Сторона грани в основании башни составляет 2085 мм.

Профили поясов башни выполнены из горячекатаного равнополочного углового профиля из стали С255 (по [3]) с расчётным пределом текучести 250 Н/мм^2 и 240 Н/мм^2 .

Для соединений применяются болты нормальной точности, класса прочности 8.8 по DIN 7990 с цинковым покрытием.

В соответствии с [5] сооружение относится ко II-му (нормальному) уровню ответственности.

Отметка основания башни относительно уровня основного рельефа местности: 0,0 м.

Создание КЭ модели в ПВК SCAD Office и ЛИРА-САПР

Геометрическое моделирование выполнялось в ПВК SCAD 11.5 и ПВК ЛИРА-САПР на основе чертежей марки КМ.

Общий вид пространственной конечно-элементной модели сооружения представлен на рисунке 1.

Расчетная схема определена как система с признаком 5. Это означает, что рассматривается система общего вида, основные неизвестные которой представлены линейными перемещениями узловых точек вдоль осей X , Y , Z и поворотами вокруг этих осей.

При создании модели использовались стержневые конечные элементы (КЭ) — тип 5 (пространственный стержень).

Общее количество КЭ для расчетной схемы составило: 683.

Общее количество узлов для расчетной схемы составило: 268.

В расчете использованы стержневые конечные элементы следующих типов жесткости [4]:

Уголок равнополочный: L125x10; L100x10; L90x8; L80x8; L75x6; L63x6; L50x5; L40x4.

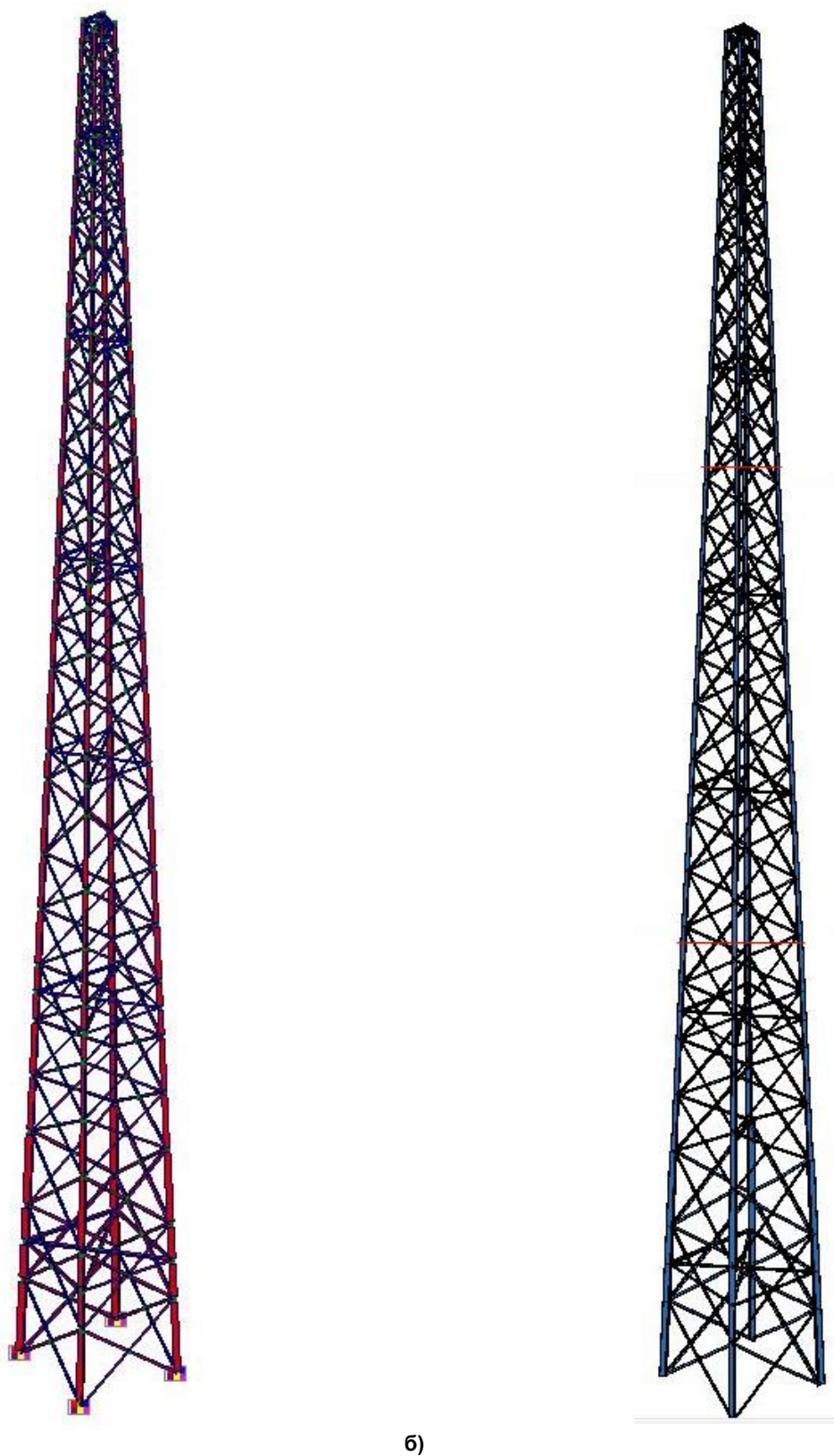


Рисунок 1. Конечно-элементная модель расчётной схемы в среде: а) ЛИРА; б) SCAD

Сбор нагрузок

Район строительства соответствует II ветровому району и II гололёдному району по картам [1]. Расчетные нагрузки приняты в соответствии с [1], а материалы в соответствии с [2] для типа местности А.

Расчетным сочетанием нагрузок является сочетание постоянных (собственный вес конструкций и оборудования) и кратковременных (ветровых) нагрузок. Расчет выполнен при условии абсолютной жесткости фундаментов.

Для данной расчетной схемы рассматривались следующие расчетные загрузки:

1. Расчетная нагрузка от собственного веса конструкции;
2. Расчетная нагрузка от веса технологического и антенно-фидерного оборудования;
3. Расчетная фронтальная нагрузка от ветрового давления;
4. Расчетная диагональная нагрузка от ветрового давления.

Собственный вес:

Собственный вес конструкций из расчета объемного веса металла с нормативным объемным весом $7,85 \text{ Т/м}^3$ вычисляется с помощью программ.

Вес технологического и антенно-фидерного оборудования:

В таблице 1 указано установленное оборудование и соответствующая нагрузка:

Таблица 1. Установленное на башне антенно-фидерное оборудование

№	Наименование оборудования	Высота установки, м	Эффективная ветровая площадь A_{eff} , м^2	Расчетный вес, включая кронштейны, Н
1	панель Allgon 7755	27,5	0,53	497
2				
3				
4	РРЛ Ø640 мм		0,42	309

Расположение антенно-фидерного оборудования представлено на рисунке 2.

По башне проложена кабельная трасса эффективной шириной 640 мм и массой 115 Н/м.

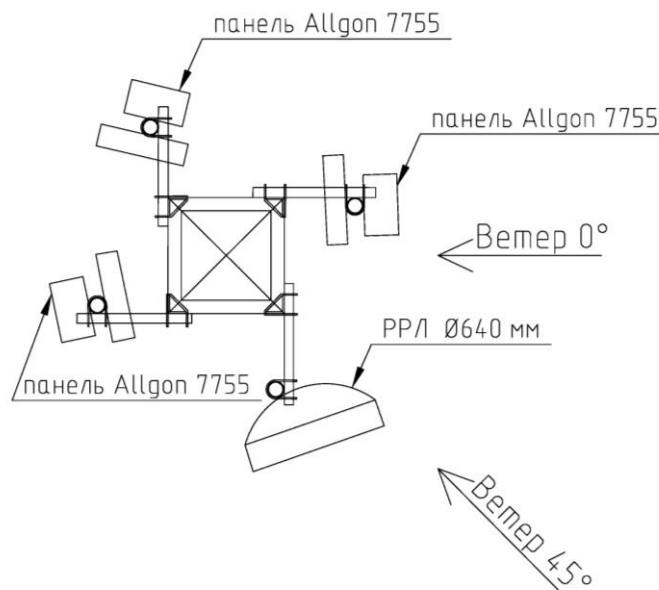


Рисунок 2. Расположение антенно-фидерного оборудования

Ветровая нагрузка:

Определение ветровой нагрузки произведено в соответствии с [1] с учетом пульсаций, вызываемых порывами ветра, а также увеличением её значения по высоте.

В таблицах 2 и 3 приведены расчетные значения ветровых нагрузок на конструкцию башни связи и кабельную трассу соответственно.

Таблица 2. Ветровые нагрузки на конструкцию башни

№	h, м	Элемент	n, шт.	C _{xi}	S _z , м ²	C _x		W _m , кН/м ²		F _m , кН/м		W _p , кН/м ²		F _p , кН/м	
						1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2,5	Пояс (L125x10)	2	1,4	9,6	0,55	0,66	0,12	0,15	0,12	0,09	0,09	0,11	0,09	0,07
		Раскос 1-3 (L50x5)	2												
		Распор (L50x5)	1												
2	7,5	Пояс (L100x10)	2	1,4	8,2	0,53	0,64	0,14	0,17	0,11	0,12	0,10	0,11	0,08	0,06
		Раскос 1-4 (L40x4)	2												
3	12,5	Пояс (L90x8)	2	1,4	6,8	0,56	0,67	0,18	0,21	0,12	0,10	0,11	0,13	0,08	0,06
		Раскос 1-4 (L40x4)	2												
		Распор (L40x4)	1												
4	17,5	Пояс (L80x8)	2	1,4	5,4	0,64	0,76	0,23	0,27	0,12	0,10	0,14	0,16	0,07	0,06
		Раскос 1-5 (L40x4)	2												
		Распор (L40x4)	1												
5	22,5	Пояс (L75x6)	2	1,4	4,1	0,72	0,87	0,28	0,33	0,11	0,09	0,16	0,19	0,07	0,05
		Раскос 1-5 (L40x4)	2												
		Распор (L40x4)	1												
6	27,5	Пояс (L63x6)	2	1,4	2,7	0,85	1,02	0,34	0,41	0,09	0,07	0,19	0,23	0,05	0,04
		Раскос 1-7 (L40x4)	2												
		Распор (L40x4)	1												

Таблица 3. Ветровая нагрузка на монтажную лестницу и кабельную трассу

Элемент	Длина, м	Ширина, м	$S_{1,2}$, м ²	C_{xi}	A_{eff} , м ²	$n_{1,2}$, шт.	$S_{2,2}$, м ²	№	h	K(h)	W_m , кН/м ²	F_m , кН/м	
												1	2
Монтажная лестница								1	2,5	0,75	0,11	0,011	0,007
Ступень Ø 20	0,45	0,02	0,009	1,2	0,011	4	0,043	2	7,5	0,88	0,10	0,010	0,007
Пояс (L50x4)	1	0,05	0,05	1,4	0,07	2	0,14	3	12,5	1,06	0,09	0,009	0,006
Кабельная трасса								4	17,5	1,19	0,08	0,008	0,006
Кабель 7/8	1	0,016	0,016	1,2	0,019	3	0,84	5	22,5	1,28	0,07	0,007	0,005
Кабель 8D-FB	1	0,016	0,016	1,2	0,019	1	0,3	6	27,5	1,34	0,06	0,006	0,004

В таблицах 2 и 3 приняты следующие условные обозначения:

- № — номер секции;
- h — высота середины расчётного поля;
- n — количество элементов на грань;
- C_{xi} — аэродинамический коэффициент i-ого элемента;
- S — площадь секции по габариту;
- W_m — нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки;
- F_m — распределённая нагрузка на каждый пояс от средней составляющей ветровой нагрузки;
- W_p — нормативное значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки;
- F_p — распределённая нагрузка на каждый пояс от пульсационной составляющей ветровой нагрузки;
- K(h) — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;
- n_1 — количество элементов на погонный метр;
- A_{eff} — площадь с учётом аэродинамических коэффициентов;
- S_1 — площадь элемента;
- S_2 — площадь погонного метра;

Загрузки и их сочетания

В таблице 4 представлены расчётные комбинации загрузок.

Таблица 4. Расчётные комбинации загрузок

Номер	Наименование
1	$(L_1) \cdot 1.00 + (L_2) \cdot 1.00 + (L_3) \cdot 1.00$
2	$(L_1) \cdot 1.00 + (L_2) \cdot 1.00 + (L_4) \cdot 1.00$

Условные обозначения, принятые в таблице 4:

- L_1 – расчётная нагрузка от собственного веса конструкции;
- L_2 – расчётная нагрузка от веса технологического оборудования;
- L_3 – расчётная нагрузка от фронтального ветра;
- L_4 – расчётная нагрузка от диагонального ветра.

Вычисление расчётных сочетаний усилий производится на основании критериев, характерных для соответствующих типов конечных элементов – стержней, плит, оболочек, массивных тел. В качестве таких критериев приняты экстремальные значения напряжений в характерных точках поперечного сечения элемента. При расчете учитываются требования нормативных документов и логические связи между нагрузками.

Проверка прочности элементов выполнялась по расчётным сочетаниям усилий (PCУ), указанным в таблице 5.

Таблица 5. Расчётные сочетания усилий

Номер загрузки	Тип	Коэффициент надежности
L_1	Постоянное	1,05
L_2	Временно длительно действующее	1,1
L_3	Кратковременное	1,4
L_4	Кратковременное	1,4

Процесс задания расчётной схемы, создания загрузок и PCУ в ПК ЛИРА-САПР аналогичен ПК SCAD 11.5. Так же имеется возможность импортирования расчётной схемы из ПК SCAD в ПК ЛИРА-САПР, это действие подробно описано в [10-12]

Анализ НДС системы и сравнение результатов расчётов в ПК SCAD 11.5 и ПК ЛИРА-САПР

В этом разделе приведены результаты конечно-элементного моделирования напряженно-деформированного состояния башни связи и выполнено сравнение результатов, полученных в ПК SCAD и ЛИРА-САПР.

Суммарные перемещения узлов расчётной схемы

Максимальные горизонтальные перемещения при загрузке в соответствии с комбинацией 1 – SCAD 57,25 мм, ЛИРА-САПР 51,5 мм.

Максимальные горизонтальные перемещения при загрузке в соответствии с комбинацией 2 – SCAD 54,56 мм, ЛИРА-САПР 49,11 мм.

Следует отметить, что различия в результатах расчета достигали 10 процентов.

Сравнение полученных нагрузок на опорные узлы в ПК SCAD 11.5 и ПК ЛИРА-САПР

Расположение опорных узлов показано на рисунке 3.

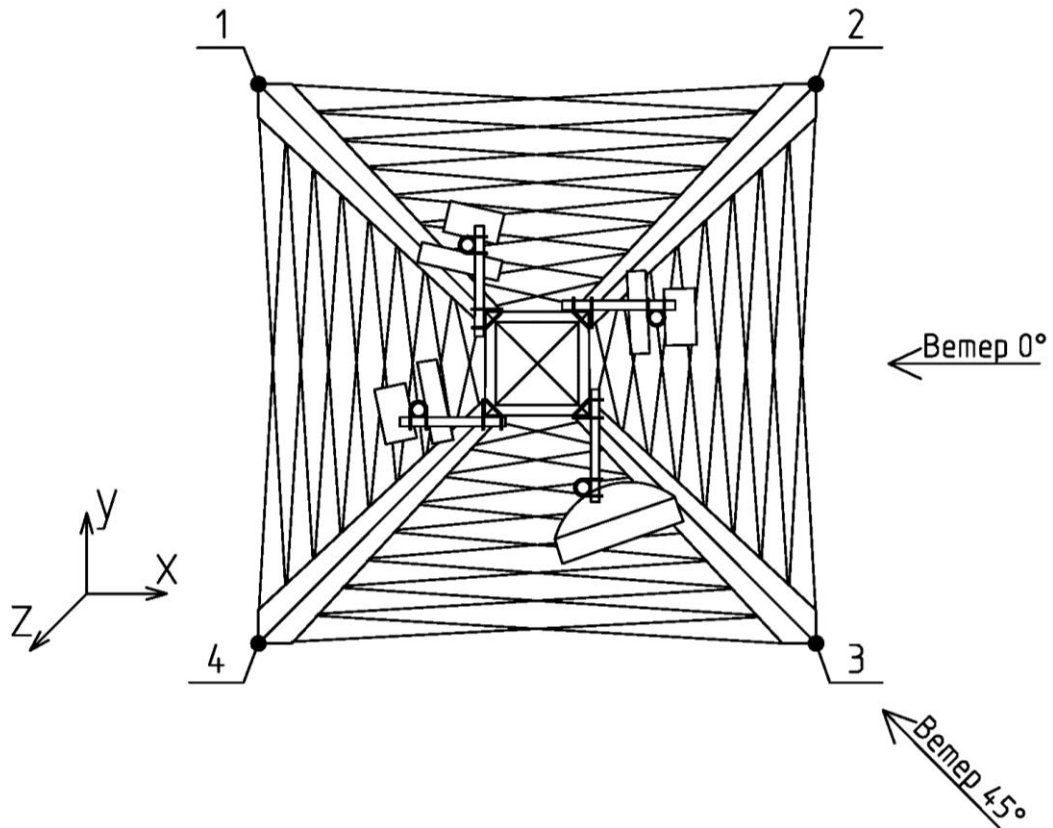


Рисунок 3. Номера опорных узлов

Результаты расчётов усилий в опорных узлах представлены в таблице 6.

Таблица 6. Усилия в опорных узлах

Комбинации загрузений	Направление усилий	Номер опорного узла			
		1	2	3	4
Результаты ПК SCAD 11.5					
1 (ветер 0°)	RX, кН	3,14	2,35	2,94	3,83
	RY, кН	-2,26	1,47	-2,16	2,94
	RZ, кН	52,48	-36,01	-36,01	52,88
2 (ветер 45°)	RX, кН	4,32	-0,59	4,22	2,16
	RY, кН	-3,93	-1,77	-4,61	0,20
	RZ, кН	78,48	10,50	-63,28	8,24
Результаты ПК ЛИРА-САПР					
1 (ветер 0°)	RX, кН	3,38	2,55	2,05	3,30
	RY, кН	-2,26	1,49	-1,51	2,30
	RZ, кН	49,95	33,19	-32,84	50,09
2 (ветер 45°)	RX, кН	4,53	0,38	3,18	1,24
	RY, кН	-4,45	-1,41	-3,81	-0,46
	RZ, кН	80,31	9,64	-63,52	7,72

Выводы

1. Ввод расчётной модели «вручную» лучше организован в ПВК ЛИРА-САПР. Большой выбор инструментов позволяет быстрее набрать схему. Но это преимущество является спорным, т.к. при импорте из программы «AutoCAD» ПВК SCAD Office 11.5 ведёт себя корректнее, к примеру, он сам распознаёт промежуточные узлы. Это позволяет в AutoCAD такой элемент как пояс начертить одним отрезком. Для того, чтобы импортировать в ПВК ЛИРА-САПР пространственную модель из AutoCAD придётся тот же самый пояс разбить с учётом всех промежуточных узлов.

2. ПВК SCAD Office 11.5 и ПВК ЛИРА-САПР имеют обширную библиотеку отечественных и зарубежных сортаментов. Сам процесс задания жесткостных характеристик, связей и нагрузок в данных ПВК не отличается.

3. Задание РСУ в данных ПВК практически не отличается. А вот комбинации загружений и нагрузки от фрагмента схемы в случае ПВК ЛИРА-САПР надо определять после расчёта конструкции. В ПВК SCAD Office 11.5 удобнее организован этот процесс, все эти параметры можно задать в разделе: «Специальные исходные данные».

4. Результаты расчётов в ПВК SCAD и ПВК ЛИРА-САПР сопоставимы и имеют незначительные, в пределах 10%, расхождения. Максимальные перемещения от расчетной нагрузки в ПВК SCAD Office 11.5 имеют большие значения, чем в ПВК ЛИРА-САПР. И те, и другие значения лежат в пределах допустимых для исследуемой конструкции, согласно п. 17.7 [2].

5. Вывод результатов расчёта лучше организован в ПВК SCAD Office 11.5. Например, при получении значений нагрузок от фрагмента схемы в ПВК ЛИРА-САПР можно вывести результаты только в табличной форме. Для этого надо знать номера узлов и их расположение. В ПВК SCAD Office 11.5 можно на схему вывести направления и значения усилий, что упрощает анализ результатов.

Литература

- [1]. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85.
- [2]. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81.
- [3]. ГОСТ 27772-88 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия.
- [4]. ГОСТ 8509-93 Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент.
- [5]. Федеральный закон №384-ФЗ. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.
- [6]. Савицкий Г.А. Расчёт антенных сооружений. (Физические основы). М.: Изд-во Связь, 1978. 152 с.
- [7]. Савицкий Г.А. Антенные устройства. М.: Изд-во Связьиздат, 1961. 480 с.
- [8]. Савицкий Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения. М.: Изд-во Связьиздат, 1972. 111 с.
- [9]. Соколов А.Г. Металлические конструкции антенных устройств. М.: Изд-во Стройиздат, 1971. 240 с.
- [10]. Карпиловский В. С., Криксунов Э. З., Маляренко А. А. [и др]. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD. М.: Изд-во СКАД СОФТ, 2011. 656 с.
- [11]. Гензерский Ю.В., Медведенко Д.В. [и др.]. ЛИРА – САПР 2011. Учебное пособие. К.: Электронное издание, 2011. 396с.
- [12]. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: Изд-во СКАД СОФТ, 2011. 710 с.
- [13]. Ключникова О.Н., Колегова Л.Ю. Сравнительный анализ поведения стальной решетчатой башни в ветровом потоке // Южно-Сибирский научный вестник. 2013. № 1 (3). С. 87-89.
- [14]. Горохов Е.В., Васылев В.Н., [и др.]. Анализ конструктивной формы антенных опор радиорелейной связи. // Металлические конструкции. 2010. №1 (16). С. 41-50.
- [15]. Евзеров И.Д., Лазнюк М.В., [и др.]. Расчёт и проектирование мачт на оттяжках в среде ПК ЛИРА. // Металлические конструкции. 2009. №1 (15). С. 23-29.
- [16]. Губанов В.В., Межинская И.В. Совершенствование методики расчета начального натяжения оттяжек мачт. // Металлические конструкции. 2012. №1 (18). С. 41–48.
- [17]. Гарифуллин М.Р., Семенов С.А., Беляева С.В., [и др.]. Поиск рациональной геометрической схемы пространственной металлической конструкции покрытия большепролетного спортивного сооружения. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 2 (17). С. 107-124.
- [18]. Качурин В.К. Теория висячих систем. Статический расчёт. Л.: Изд-во Гостройиздат, 1962. 224 с.
- [19]. Перельмутер А.В. Основы расчёта вантово-стержневых систем. М: Изд-во Стройиздат, 1969. 190 с.
- [20]. Михайлов В.В. Предварительно напряжённые комбинированные и вантовые конструкции. М.: Изд-во АСВ, 2002. 256 с.
- [21]. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. М: Изд-во АСВ, 2009. 358 с.
- [22]. Соколов В.А., Страхов Д.А., Синяков Л.Н. Расчет сооружений башенного типа на динамические воздействия с учетом податливости свайного фундамента и основания. // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 4. С. 46-50.
- [23]. Cairo R., Conte E. Settlement analysis of pile groups in layered soils (2006) Canadian Geotechnical Journal. Vol. 43(8). Pp. 788-801.
- [24]. Premalatha K., Panneerselvam J., Srilakshmi M. Interaction studies on axially loaded piles and pile groups (2005) Proceedings of the International Geotechnical Conference, Saint Petersburg - Moscow, Vol. 1. Pp. 259-263.
- [25]. Boulanger R.W., Curras C.J., Kutter B.L., Wilson D.W., Abghari A. Seismic soil-pile-structure interaction: experiments and analyses. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. Vol. 125. Issue 9. Pp. 750-759.
- [26]. Nicolaou S., Mylonakis G., Gazetas G., Tazoh T. Kinematic pile bending during earth-quakes: analysis and field measurements (2001) Geotechnique. Vol. 51. Issue 5. Pp. 425-440.
- [27]. Brandi H. Cyclic preloading of piles and box-shaped deep foundations (2010) Proceedings of the International Geotechnical Conference. Moscow, Vol. 1. Pp.3-28.
- [28]. Maugeri M., Motta E., Raciti E. Kinematic interaction for piles embedded in soils with a shear modulus increasing with depth (2010) Proceedings of the International Geotechnical Conference. Moscow, Vol. 3. Pp. 895-902.

- [29].Dubina D., Ungureanu V., Szabo I. Codification of imperfections for advanced finite analysis of cold-formed steel members (2001) Proceedings of the 3rd ICTWS. - Pp. 179-186.
- [30].ENV 1993-1-3 EuroCode 3: Design of steel structures. Part 1.3: General rules. Supplementary rules for cold formed thin gaugemembers and sheeting. European Committee for Standardisation CEN. - Brussels, 1996.
- [31].Koiter, W.T., The effective width of flat plates for various longitudinal edge conditions at loads far beyond the buckling load, Rep. No. 5287, National Luchtvaart Laboratorium (The Netherlands).
- [32].Sarawit A. T., Kim Y., Bakker M. C. M., Pekoz T. The finite element method for thin-walled members-applications (2001) Proceedings of the 3rd ICTWS, Pp. 437-448.
- [33].Karman T., Sechler, E.E., Donnel, L.H. The strength of thin plates in compression, (1932) Trans ASME. Vol. 54. - Pp. 53-57.

Comparison of SCAD Office and LIRA-SAPR on the example of calculation of communications tower

A.V. Ioskevich¹, A.V. Savchenko²

Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

Original research article

Article history

Received 1 June 2014
Accepted 14 September 2014

Keywords

spatial metal structures,
finite element method,
SCAD Office,
LIRA-SAPR,
antenna-mast construction,
wind loads,
communication tower

ABSTRACT

Decisions of Glavgosexpertiza Russia in 2004 advanced the proposal "to carry out calculations for at least two certified, independently developed and tested in practice software systems, to conduct a comparative analysis of the results" design as a measure to improve the quality of settlement studies. The method of Finite Element modeling the communication tower in SCAD Office 11.5 and LIRA-SAPR as a three-dimensional structure is considered in this article. The analysis of requirements and the recommendations containing in the modern technical literature and the technical literature of last years about constructions of communication are made. Comparison of the regulations of domestic and foreign standards by calculation of high constructions concerning directions of a wind and combinations of loadings which are necessary for considering at calculation of communication towers is executed. The stress-strain state of the supporting framework of the communication tower is analyzed paying attention to different loads contribution. Following the results of the investigation the supporting framework of the communication tower SCAD Office 11.5 is compared with LIRA-SAPR.

¹ Corresponding author:
+7 (911) 819 1927, anton-ioskevich@mail.ru (Anton Vladimirovich Ioskevich, B.Sc., Graduate Student)
² +7 (911) 115 3597, ya.int@yandex.ru (Aleksey Vladimirovich Savchenko, Assistant)

References

- [1]. SP 20.13330.2011. *Nagruzki i vozdeystviya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.01.07-85* [Loads and effects. SNiP 2.01.07-85 updated edition]. (rus)
- [2]. SP 16.13330.2011 *Stalnyye konstruksii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-23-81* [Steel structures. SNiP II-23-81 updated edition]. (rus)
- [3]. GOST 27772-88 *Prokat dlya stroitelnykh stalnykh konstruksiy. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya*. [Car for building steel structures. General specifications] (rus)
- [4]. GOST 8509-93 *Ugolki stalnyye goryachekatanye ravnopolochnyye. Sortament*. [Angle steel equal leg angles. Assortment] (rus)
- [5]. *Federalnyy zakon №384-F3. Tekhnicheskiy reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy*. [Technical regulations on the safety of buildings and constructions] (rus)
- [6]. Savitskiy G.A. *Raschet antenykh sooruzheniy*. (Fizicheskiye osnovy). [Calculation of antenna systems. (Physical foundations)]. Moscow: Svyaz, 1978. 152 p. (rus)
- [7]. Savitskiy G.A. *Antennyye ustroystva*. [Antenna devices]. Moscow: Svyazizdat, 1961, 480 p. (rus)
- [8]. Savitskiy G.A. *Vetrovaya nagruzka na sooruzheniya*. [Wind loads on constructions]. Moscow: Svyazizdat, 1972, 111 p. (rus)
- [9]. Sokolov A.G. *Metallicheskiye konstruksii antenykh ustroystv*. [Metal structures of antenna devices]. Moscow: Stroyizdat, 1971. 240 p. (rus)
- [10]. Karpilovskiy V. S., Kriksunov E. Z., Malyarenko A. A. [et al]. *SCAD Office. Vychislitelnyy kompleks SCAD*. [Computing system SCAD] Moscow: SKAD SOFT, 2011. 656 p. (rus)
- [11]. Genzerskiy Yu.V., Medvedenko D.V. [et al.]. *LIRA – SAPR 2011. Uchebnoye posobiye*. [LIRA – SAPR 2011. School-book]. Kiyev: Electronic edition, 2011. 396 p. (rus)
- [12]. Perelmutter A.V., Slivker V.I. *Raschetnyye modeli sooruzheniy i vozmozhnost ikh analiza*. [Computational models of structures and their analysis]. Kiyev: Stal, 2002. (rus)
- [13]. Klyuchnikova O.N., Kolegova L.Yu. Comparative analysis of the behavior of steel lattice tower in the wind currents (2013) South-Siberian Scientific Bulletin Issue 1 (3), Pp. 87-89. (rus)
- [14]. Gorokhov Ye.V., Vasylev V.N., [et al]. The analysis of constructive forms antenna supports radio relay communication (2010) Metal Constructions Journal. Issue 1. 16. Pp. 41-50. (rus)
- [15]. Yevzerov I.D., Laznyuk M.V., [et al.]. Calculation and design of guyed masts in the program "LIRA" (2009) Metal Constructions Journal. Issue 1 (15). Pp. 23-29. (rus)
- [16]. Garifullin M.R., Semenov S.A., Belyayeva S.V., [et al]. The search of rational shape of spatial metal roof of long-span sport arena // Construction of Unique Buildings and Structures, 2014, №2 (17). Pp. 107-124. (rus)
- [17]. Gubanov V.V., Mezinskaya I.V. Perfection of the mast guys initial tensions design procedure (2012) Metal Constructions Journal. 2012. Issue 1 (18). Pp. 41–48. (rus)
- [18]. Kachurin V.K. *Teoriya visyachikh sistem. Sticheskiy raschet* [Theory of a suspension systems. Static calculation]. Leningrad: Gostroyizdat, 1962. 224 p. (rus)
- [19]. Perelmutter A.V. *Osnovy rascheta vantovo-sterzhnevnykh system* [Bases of calculation cable-core systems]. Moscow: Stroyizdat, 1969. 190 p. (rus)
- [20]. Mikhaylov V.V. *Predvaritelno napryazhennyye kombinirovannyye i vantovyye konstruksii* [Prestressed combined and tensile structures]. Moscow: ASV, 2002. 256 p. (rus)
- [21]. Gorodetskiy A.S., Yevzerov I.D. *Kompyuternyye modeli konstruksiy* [Computer models of the constructions]. Moscow: ASV, 2009. 358 p. (rus)
- [22]. Sokolov V.A., Strakhov D.A., Sinyakov L.N. Design of tower type structures to dynamic effects taking into account flexibility of the pile foundation and the base (2013) Magazine of Civil Engineering. Issue 4. Pp. 46-50. (rus)
- [23]. Cairo R., Conte E. Settlement analysis of pile groups in layered soils (2006) Canadian Geotechnical Journal. Vol. 43(8). Pp. 788-801.
- [24]. Premalatha K., Panneerselvam J., Srilakshmi M. Interaction studies on axially loaded piles and pile groups (2005) Proceedings of the International Geotechnical Conference, Saint Petersburg - Moscow, Vol. 1. Pp. 259-263.

- [25].Boulanger R.W., Curras C.J., Kutter B.L., Wilson D.W., Abghari A. Seismic soil-pile-structure interaction: experiments and analyses. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. Vol. 125. Issue 9. Pp. 750-759.
- [26].Nicolaou S., Mylonakis G., Gazetas G., Tazoh T. Kinematic pile bending during earth-quakes: analysis and field measurements (2001) *Geotechnique*. Vol. 51. Issue 5. Pp. 425-440.
- [27].Brandi H. Cyclic preloading of piles and box-shaped deep foundations (2010) *Proceedings of the International Geotechnical Conference*. Moscow, Vol. 1. Pp.3-28.
- [28].Maugeri M., Motta E., Raciti E. Kinematic interaction for piles embedded in soils with a shear modulus increasing with depth (2010) *Proceedings of the International Geotechnical Conference*. Moscow, Vol. 3. Pp. 895-902.
- [29].Dubina D., Ungureanu V., Szabo I. Codification of imperfections for advanced finite analysis of cold-formed steel members (2001) *Proceedings of the 3rd ICTWS*. - Pp. 179-186.
- [30].ENV 1993-1-3 EuroCode 3: Design of steel structures. Part 1.3: General rules. Supplementary rules for cold formed thin gaugemembers and sheeting. European Committee for Standardisation CEN. - Brussels, 1996.
- [31].Koiter, W.T., The effective width of flat plates for various longitudinal edge conditions at loads far beyond the buckling load, Rep. No. 5287, National Luchtvaart Laboratorium (The Netherlands).
- [32].Sarawit A. T., Kim Y., Bakker M. C. M., Pekoz T. The finite element method for thin-walled members-applications (2001) *Proceedings of the 3rd ICTWS*, Pp. 437-448.
- [33].Karman T., Sechler, E.E., Donnel, L.H. The strength of thin plates in compression, (1932) *Trans ASME*. Vol. 54. - Pp. 53-57.