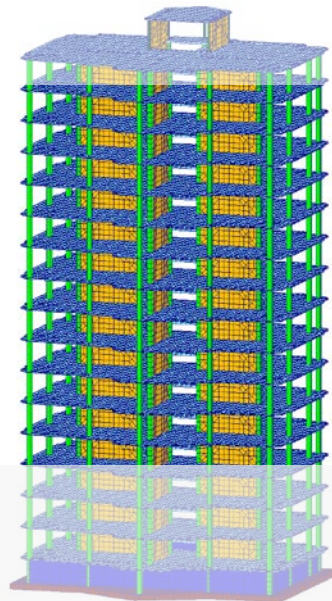
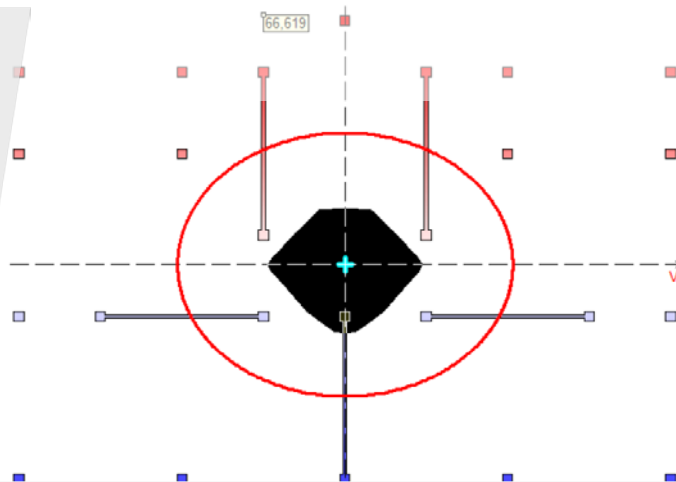




Применение модального анализа в SCAD 21.1.9.3 для проверки жесткости диафрагм каркасных зданий в соответствии с ГОСТ Р 54859-2011



Докладчик: **Михайлов Виктор Сергеевич**

Авторы: **Михайлов В.С.**, ЦНТП «SCAD SOFT Новосибирск»;

Хамгушкеев М.С., ОАО «ТомскНИПИНефть», г. Томск.

Научный руководитель: к.т.н. **Пахмури́н Олег Равильевич**, доцент ТГАСУ



Рекомендации ГОСТ Р 54859-2011 о допустимых границах диапазонов основного тона колебаний здания в зависимости от его конструктивной схемы и этажности



ГОСТ Р 54859—2011

Приложение Ж
(справочное)

Ориентировочные данные о границах диапазона (T_0 , T_d)

Таблица Ж.1 — Границы собственных колебаний зданий по горизонтальной оси, с

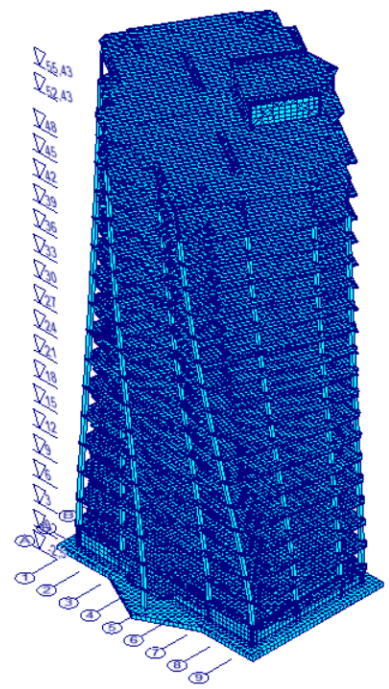
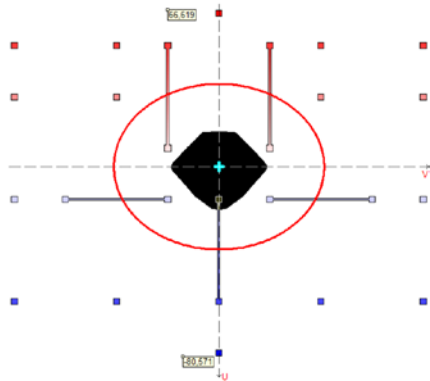
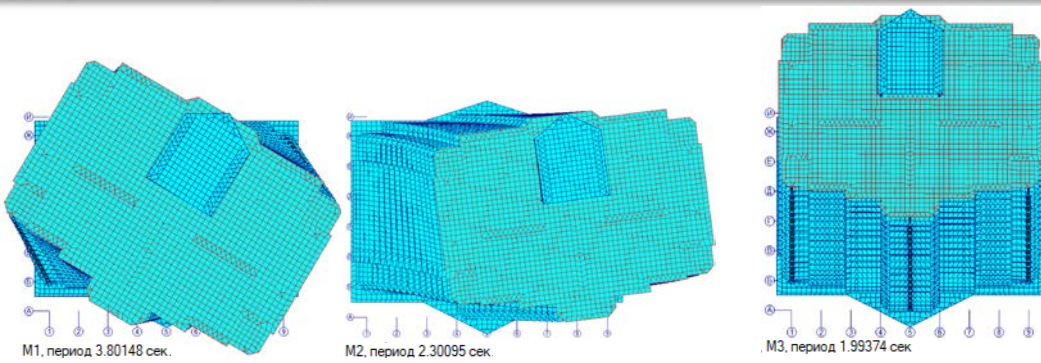
Число этажей	Границы собственных колебаний, с		
	Круглоугольные здания	Круглоблочные и ступенчатые здания	Каркасные здания
9	0,18—0,27	0,22—0,35	0,26—0,42
9	0,28—0,44	0,31—0,50	0,46—0,71
12	0,26—0,37	0,30—0,41	0,31—0,53
14	0,41—0,65	0,42—0,60	0,71—1,07
16	0,48—0,74	0,47—0,77	0,81—1,22
18	0,51—0,83	0,53—0,85	0,91—1,37
20	0,56—0,91	0,58—0,93	1,01—1,51
22	0,61—0,95	0,60—1,01	1,11—1,65
24	0,66—1,09	0,64—1,09	1,21—1,81
26	0,71—1,17	0,69—1,17	1,31—1,95
28	0,76—1,26	0,73—1,25	1,41—2,10
30	0,81—1,34	0,78—1,33	1,51—2,24

Примечание — Для зданий, находящихся в аварийном состоянии (см. ГОСТ Р 53778), диапазон (T_0 , T_d) рассчитывается в сторону увеличения значений T_0 .

ГОСТ Р 54859-2011 ввел в практику проектирования зданий справочное приложение Ж с ориентировочными данными о границах диапазона основного тона колебаний зданий T_0 в зависимости от их этажности.



Пример несоблюдения рекомендованных в ГОСТ Р 54859-2011 допустимых границ диапазонов основного тона колебаний здания



Примеры трещин, образовавшихся в зоне концентрации напряжений в угловых зонах оконных проемов



Предварительная компоновка диафрагм здания с использованием консольной расчетной динамической модели в VEST и TONUS



Ветер. Пульсации.

Общие сведения Вычисление ветровых нагрузок

Местность Ветровой район **la**

Нормативное значение ветрового давления 0,017 Т/м²

Тип местности **B** Строящееся здание или сооружение

Открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра

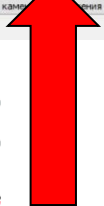
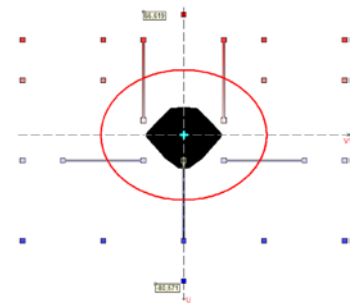
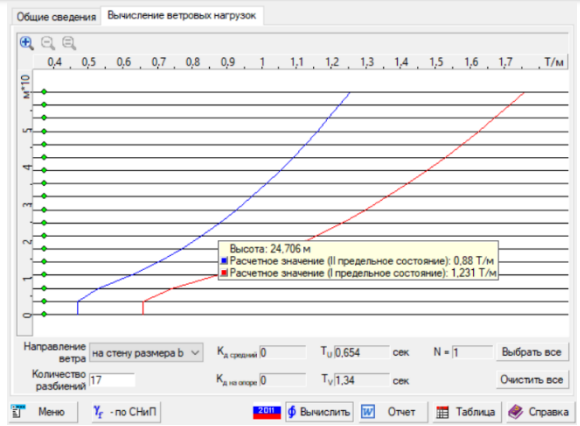
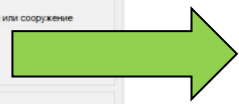
Сооружение

b 44 м
d 22 м
h 60 м
G 300 Т/м
E 3060000 Т/м²

Тип сооружения железобетонные и каменные здания

Тонус

I_y 967,748 м⁴
 I_z 230,468 м⁴
 α 0 град



Геометрические характеристики

Параметр	Значение	Единица измерения
I_y Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	230,468	м ⁴
I_z Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z	967,748	м ⁴

**Предварительная компоновка диафрагм здания с использованием консольной расчетной динамической модели в ВЕСТ и ТОНУС**

Этажность	Высота, м	тдф.констр, м	Iu констр	Iv констр	тдфУкомп, м	тдфХкомп, м	Iu комп	Iv комп
5 эт.	15	0,18	356	220	0,006	0,008	258	148
9 эт.	27				0,035	0,043	277	160
12 эт.	36				0,082	0,102	310	180
14 эт.	42				0,131	0,163	343	201
16 эт.	48				0,200	0,248	390	230
18 эт.	54				0,287	0,360	451	267
20 эт.	60				0,402	0,507	532	315
22 эт.	66				0,547	0,690	632	376
24 эт.	72				0,727	0,918	757	451
26 эт.	78				0,945	1,201	912	544
28 эт.	84				1,200	1,537	1096	653
30 эт.	90				1,512	1,936	1317	787



Предварительная компоновка диафрагм здания с использованием EXCEL и WEST

Этажи	Отметка верхн. перекрыр., м	Ветровые районы. Нормативные значения, тип местности - А															
		Ia		I		II		III		IV		V		VI		VII	
		Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X
Суммарный момент на отметке низа фундаментной плиты, Т*м																	
		Mact.w _{YOZ}	Mact.w _{XOZ}	Mact.w _{YOZ}	Mact.w _{XOZ}	Mact.w _{YOZ}	Mact.w _{XOZ}	Mact.w _{YOZ}	Mact.w _{XOZ}	Mact.w _{YOZ}	Mact.w _{XOZ}	Mact.w _{YOZ}	Mact.w _{XOZ}	Mact.w _{YOZ}	Mact.w _{XOZ}	Mact.w _{YOZ}	Mact.w _{XOZ}
		711,47	589,88	962,42	798,10	1255,34	1041,05	1590,30	1318,42	2008,57	1665,34	2510,86	2081,81	3054,83	2532,87	3557,06	2949,23
Предельный изгибающий момент для заданного количества и параметров диафрагм КОНСТРУКТИВНО, Т*м																	
		Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}
		2173,69	1449,13	2173,69	1449,13	2173,69	1449,13	2173,69	1449,13	2173,69	1449,13	2173,69	1449,13	2173,69	1449,13	2173,69	1449,13
	Kисп=Mact/Mult≤1	0,33	0,41	0,44	0,55	0,58	0,72	0,73	0,91	0,92	1,15	1,16	1,44	1,41	1,75	1,64	2,04
Предельные изгибающие моменты для заданного количества и параметров диафрагм каждого типа, Т*м																	
Диафрагмы, тип 1	Ширина b	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
	Длина h	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
	$V_{gr}=Ebh^3/12$	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06
	Кол, N1	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
	Mult.N1	2173,7	1449,1	2173,7	1449,1	2173,7	1449,1	2173,7	1449,1	2173,7	1449,1	2173,7	1449,1	2173,7	1449,1	2173,7	1449,1
Предельный изгибающий момент для заданного количества и параметров диафрагм ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ ДЕФОРМАЦИЯМ (Кисп=1), Т*м																	
		Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}	Mult.w _{YOZ}	Mult.w _{XOZ}
		712,49	590,92	960,05	797,83	1251,08	1040,15	1585,59	1314,68	2011,87	1664,89	2503,37	2076,28	3055,24	2538,39	3561,23	2941,73
	Kисп=Mact/Mult≤1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Предельные изгибающие моменты для заданного количества и параметров диафрагм каждого типа, Т*м																	
Диафрагмы, тип 1		0,05892	0,07327	0,0797	0,09913	0,10395	0,12931	0,13169	0,16376	0,16633	0,20686	0,20792	0,25859	0,25297	0,31461	0,29455	0,36633
	Ширина b	0,059	0,0734	0,0795	0,0991	0,1036	0,1292	0,1313	0,1633	0,1666	0,2068	0,2073	0,2579	0,253	0,3153	0,2949	0,3654
	Длина h	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
	$V_{gr}=Ebh^3/12$	2,64	3,29	3,56	4,44	4,64	5,79	5,88	7,31	7,46	9,26	9,28	11,55	11,33	14,12	13,21	16,36
	Mult.N1	712,5	590,9	960,0	797,8	1251,1	1040,2	1585,6	1314,7	2011,9	1664,9	2503,4	2076,3	3055,2	2538,4	3561,2	2941,7

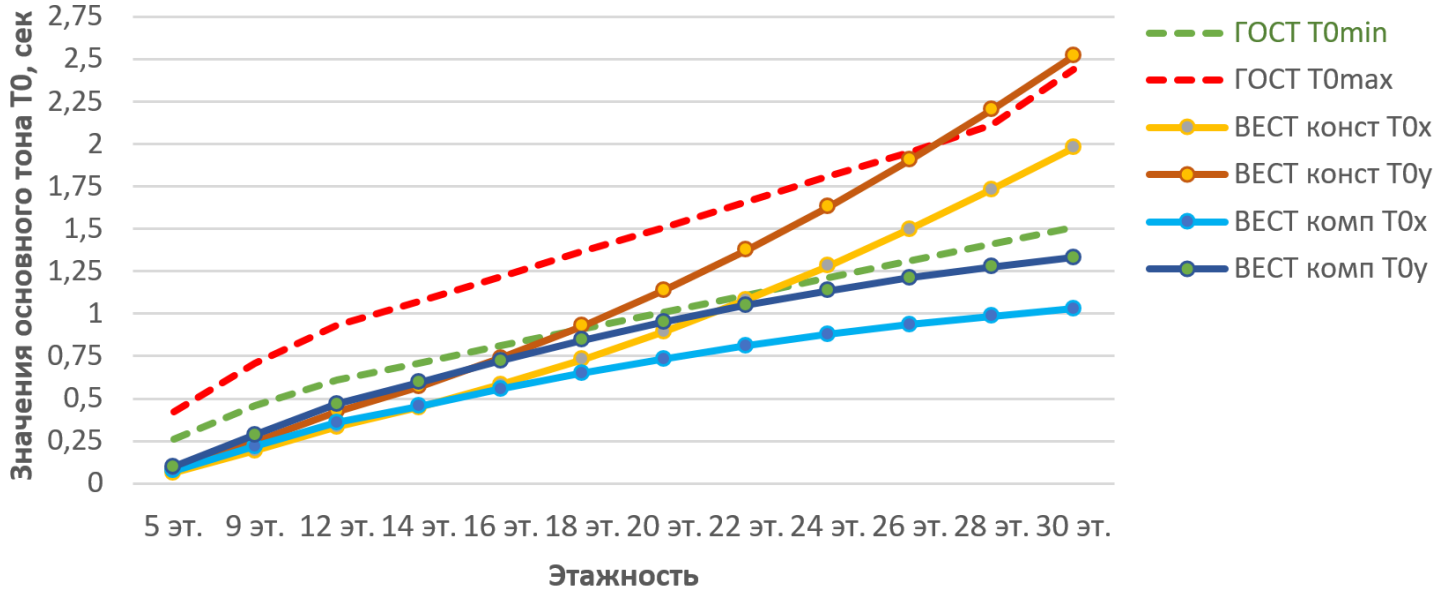
**Анализ предварительной компоновки диафрагм здания с использованием ВЕСТ и ТОНУС**

Метод расчета	ГОСТ Р 54859-2011 Приложение Ж		ВЕСТ с начальными конструктивными параметрами		ВЕСТ с параметрами диафрагмам по результатам компоновки		Кисп к ГОСТ
	ГОСТ T0min	ГОСТ T0max	ВЕСТ конст T0x	ВЕСТ конст T0y	ВЕСТ комп T0x	ВЕСТ комп T0y	
5 эт.	0,26	0,42	0,06	0,08	0,07	0,10	0,23
9 эт.	0,46	0,71	0,19	0,24	0,22	0,29	0,40
12 эт.	0,61	0,93	0,33	0,42	0,36	0,47	0,50
14 эт.	0,71	1,07	0,45	0,57	0,46	0,60	0,56
16 эт.	0,81	1,22	0,58	0,74	0,56	0,72	0,59
18 эт.	0,91	1,37	0,73	0,93	0,65	0,84	0,62
20 эт.	1,01	1,51	0,90	1,14	0,73	0,95	0,63
22 эт.	1,11	1,66	1,08	1,37	0,81	1,05	0,63
24 эт.	1,21	1,81	1,28	1,63	0,88	1,14	0,63
26 эт.	1,31	1,95	1,50	1,91	0,94	1,21	0,62
28 эт.	1,41	2,11	1,73	2,20	0,99	1,28	0,61
30 эт.	1,51	2,44	1,98	2,52	1,03	1,33	0,55



Анализ предварительной компоновки диафрагм здания с использованием ВЕСТ и ТОНУС

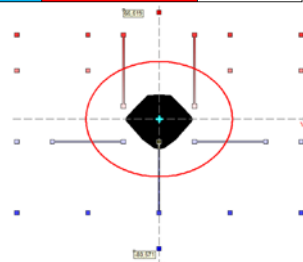
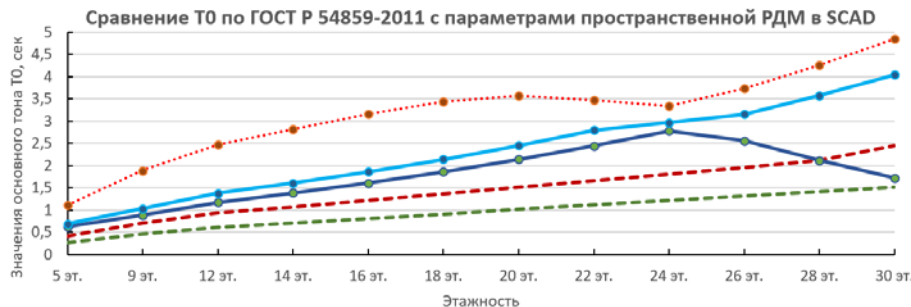
Сравнение T0 по ГОСТ Р 54859-2011 с консольной РДМ в ВЕСТ





Анализ компоновки диафрагм здания с использованием пространственной конечно-элементной расчетной динамической модели в SCAD

Метод расчета				ГОСТ Р 54859-2011		Простр.РДМ в SCAD после компоновки			Кисп к ГОСТ
Этажность	Высота, м	тдфУкомп, м	тдфХкомп, м	T0min	T0max	T0x	T0y	T0xy	
5 эт.	15	0,0063	0,0078	0,26	0,42	0,62	0,69	1,11	1,64
9 эт.	27	0,0345	0,0429	0,46	0,71	0,88	1,03	1,89	1,46
12 эт.	36	0,0821	0,1021	0,61	0,93	1,17	1,37	2,46	1,48
14 эт.	42	0,1313	0,1633	0,71	1,07	1,38	1,61	2,82	1,50
16 эт.	48	0,1995	0,2482	0,81	1,22	1,61	1,86	3,16	1,52
18 эт.	54	0,2872	0,3598	0,91	1,37	1,86	2,14	3,45	1,56
20 эт.	60	0,4020	0,5073	1,01	1,51	2,14	2,45	3,58	1,62
22 эт.	66	0,5467	0,6899	1,11	1,66	2,44	2,79	3,47	1,68
24 эт.	72	0,7271	0,9175	1,21	1,81	2,78	2,97	3,34	1,64
26 эт.	78	0,9452	1,2010	1,31	1,95	2,56	3,16	3,74	1,62
28 эт.	84	1,2000	1,5370	1,41	2,11	2,11	3,57	4,25	1,69
30 эт.	90	1,5120	1,9360	1,51	2,44	1,72	4,04	4,85	1,66

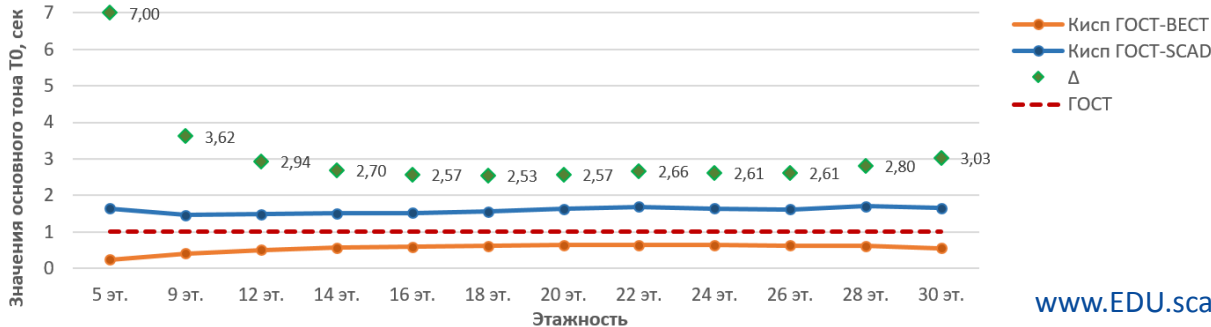




Сравнительный анализ результатов расчета консольной динамической модели здания в ВЕСТ с пространственной конечно-элементной расчетной динамической моделью в SCAD

Этажность	Высота, м	T0min	T0max	Кисп ГОСТ-ВЕСТ	Кисп ГОСТ-SCAD	Δ
5 эт.	15	0,26	0,42	0,23	1,64	7,00
9 эт.	27	0,46	0,71	0,40	1,46	3,62
12 эт.	36	0,61	0,93	0,50	1,48	2,94
14 эт.	42	0,71	1,07	0,56	1,50	2,70
16 эт.	48	0,81	1,22	0,59	1,52	2,57
18 эт.	54	0,91	1,37	0,62	1,56	2,53
20 эт.	60	1,01	1,51	0,63	1,62	2,57
22 эт.	66	1,11	1,66	0,63	1,68	2,66
24 эт.	72	1,21	1,81	0,63	1,64	2,61
26 эт.	78	1,31	1,95	0,62	1,62	2,61
28 эт.	84	1,41	2,11	0,61	1,69	2,80
30 эт.	90	1,51	2,44	0,55	1,66	3,03

Коэффициенты соответствия ГОСТ консольных РДМ в ВЕСТ и пространственных РДМ в SCAD





РЕЗЮМЕ о применимости аналитической оценки основного тона колебаний зданий в BECT и модального анализа пространственных расчетных динамических моделей в SCAD

ФЗ №384 Статья 16 Требования к обеспечению механической безопасности здания или сооружения:

4. Расчетные модели строительных конструкций и основания должны отражать действительные условия работы здания или сооружения, отвечающие рассматриваемой расчетной ситуации. Должны быть учтены:

- 1) факторы, определяющие напряженно деформированное состояние;
- 2) особенности взаимодействия элементов строительных конструкций между собой и основанием;
- 3) **пространственная работа строительных конструкций;**
- 4) геометрическая и физическая нелинейность;
- 5) пластические и реологические свойства материалов и грунтов;
- 6) возможность образования трещин;
- 7) возможные отклонения геометрических параметров от их номинальных значений.

Британский математик **Джордж Бокс** утверждает:

«Все модели ошибочны, но некоторые из них полезны»

Ошибочность не страшна, если модель правдоподобна. Правдоподобная модель становится полезной, если ее параметры откалибровать по экспериментальным данным, получив закон, формулу или алгоритм.

РЕЗЮМЕ:

- Приведенный пример сравнительного анализа предварительной компоновочной консольной расчетной динамической модели в BECT с более детальным модальным анализом пространственной динамической модели в SCAD 21.1.9.3 продемонстрировал, что **дополнительный учет жесткости безригельных перекрытий увеличивает значение основного тона здания в среднем в 3 раза**. Поэтому после выполнения компоновки каркаса модальный анализ и последующая корректировка жесткостей в пространственной модели являются обязательными, в т.ч. с дополнительным учетом физически нелинейной работы железобетона.
- **Максимально надежным критерием качества выполненного расчета является его сравнение с инструментальными измерениями сейсмометрическими станциями, такими как РЕГИСТР от Лаборатории сейсмометрии ИГФ УРО РАН.**

Применение модального анализа в SCAD 21.1.9.3 для проверки жесткости диафрдам каркасных зданий в соответствии с ГОСТ Р 54859-2011

Михайлов Виктор Сергеевич / mvs@scadsoft.ru

Руководитель центра научно-технической поддержки «SCAD SOFT Новосибирск»

Хамгушкеев М.С., ОАО «ТомскНИПИНефть», г. Томск

Научный руководитель: к.т.н. **Пахмурин Олег Равильевич**, доцент ТГАСУ



**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**