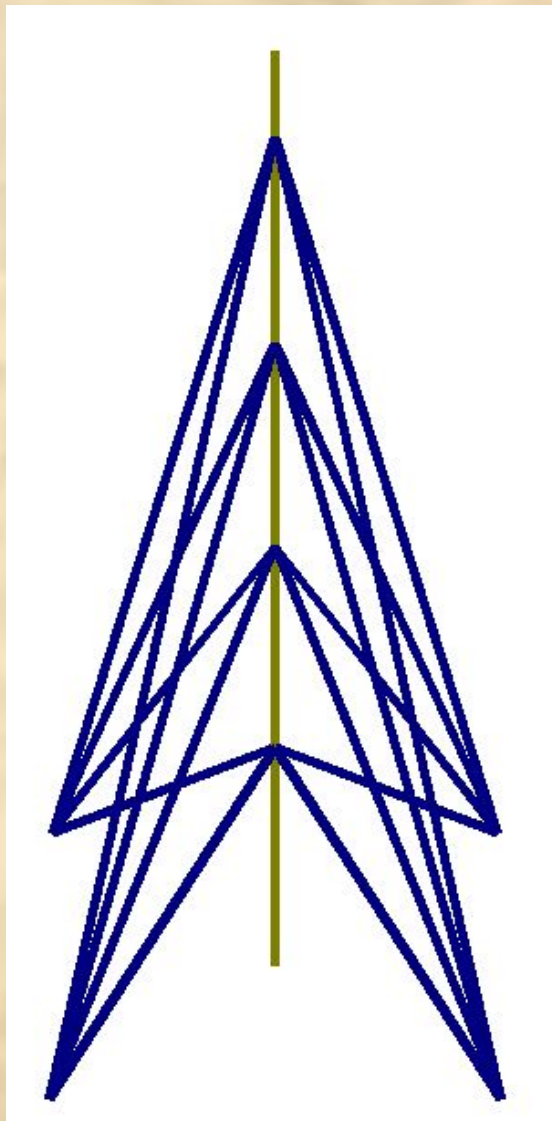


**Расчет систем с
конструктивной
нелинейностью на
сейсмические, ветровые
воздействия и устойчивость**

Упражнение по расчету на сейсмические, ветровые воздействия и устойчивость систем с нелинейными свойствами конструкций

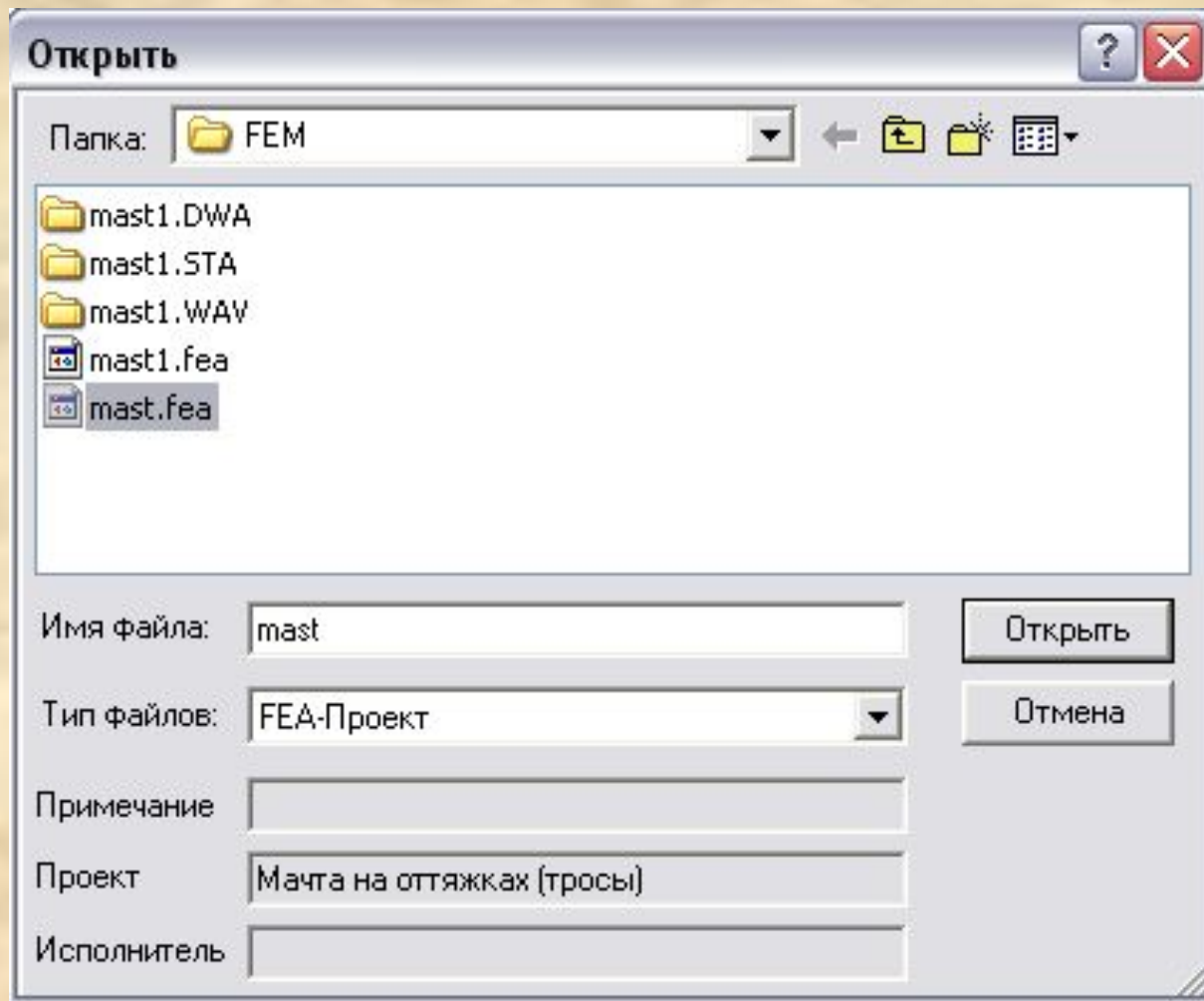


Имеется расчетная модель гибкой мачты с нелинейными свойствами конструкций (`mast.fea`).

Требуется:

- 1) Создать комбинацию статических нагрузжений (при расчете пульсаций включают статическую ветровую нагрузку по одному направлению);
- 2) выполнить расчет «деформированных» колебаний относительно деформированного состояния мачты;
- 3) выполнить расчет пульсационных составляющих ветровых нагрузок или сейсмических нагрузок;
- 4) для каждого направления статического ветра повторяют п.п. 1-3, а для каждого направления сейсмического воздействия п. п. 2-3.

Шаг 1. Загружаем расчетную модель [mast.fea](#).



Шаг 2. Определяем формы и частоты деформированных колебаний мачты (колебаний относительно деформированного состояния с учетом геометрической и конструктивной нелинейности).

Параметры расчета

Тип расчета

- Статический расчет
- Устойчивость
- Собственные колебания
- Спектральный сдвиг
- "Деформированные" колебания
- "Нелинейная" устойчивость
- "Нелинейный" спектральный сдвиг

Итерационный расчет

- Теория II порядка
- Трос
- Односторонние опоры
- Односторонние шарниры
- Превышение итераций
- Прерывание итераций

Точность 0.0001

- Однопоточный расчет
- Оптимизация
- Закрепление узлов

Задание стандартов ...

Вывод результатов

- Усилия
- Реакции
- Невязки

Итерации 200

Точность 1e-006

Количество собственных форм 6

Проект Мачта на оттяжках (тросы)

Примечание

Исполнитель user

OK Отменить Помощь

Выбор типа решателя

- Разреженный
- Фронтальный

OK Отменить

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации Массы Доп. на устойчивость

	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	НГ-5
К-1	1	1	1	0.9	0

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации Массы Доп. на устойчивость

	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	НГ-5
К-1	0.1	0.1	0.1	0	0

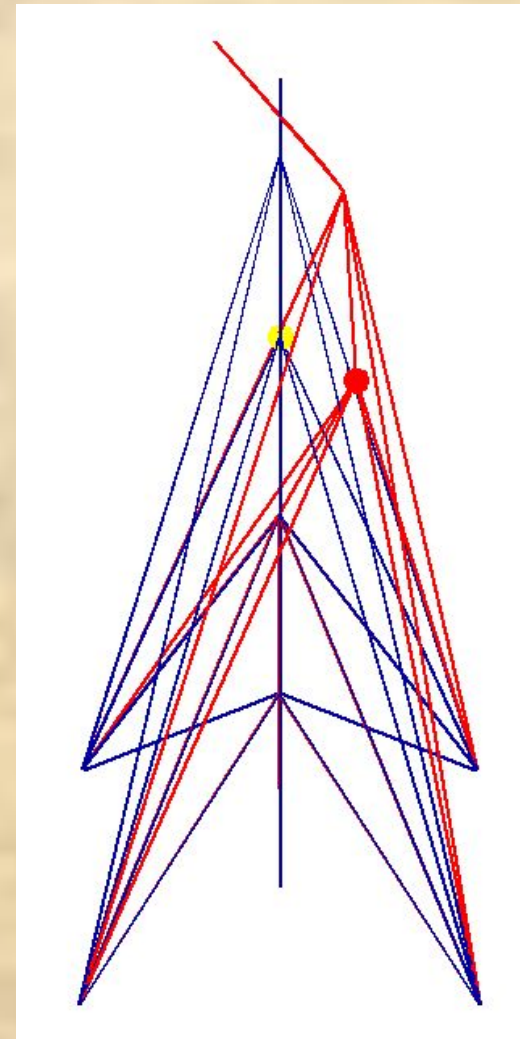
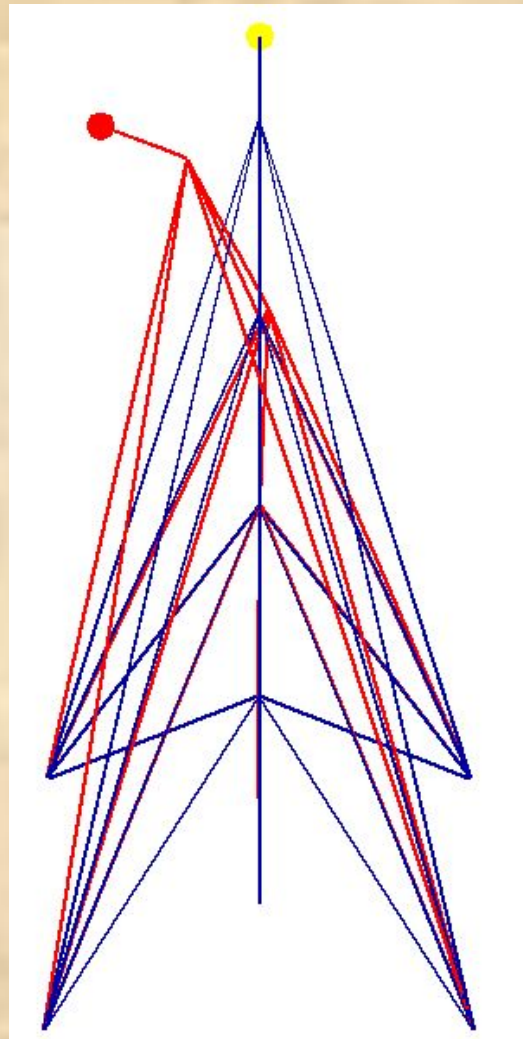
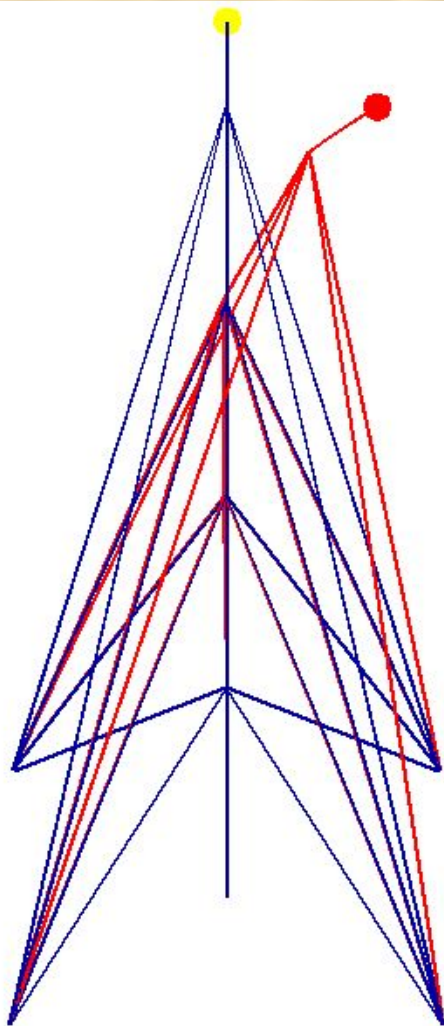
Ветер по оси X

Шаг 3. Выполняем анализ деформированных колебаний.

Форма 1

Форма 2

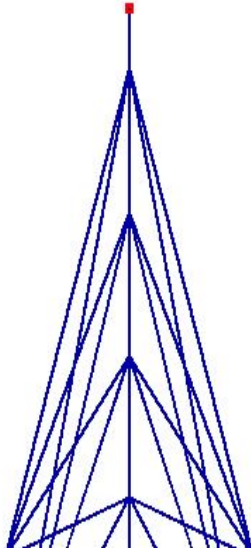
Форма 4



Шаг 4. Выводим и оцениваем периоды и частоты деформированных колебаний мачты.

Проекты Растр Вставка Полный Виды uvw -Задать Фрагмент Позиции Геометрия Нагрузки Редактировать Расчет Комбинации Результаты Настройки ?

Таблицы
Графика
Тип результатов



Zoom
Refr
Word
XY YZ XZ 3D
Einz Auto Box Krz
Назад
Таблицы
Графика
Тип результатов
Отметить
Отменить
Вывести
<X-Y-Z-Координаты>

Комб.	Форма	ω рад/с	f Гц	T с
1	1	3.88	0.62	1.62
	2	5.29	0.84	1.19
	3	11.81	1.88	0.53
	4	14.00	2.23	0.45
	5	15.01	2.39	0.42
	6	21.81	3.47	0.29

Отметьте узлы, которые нужно включить в группу

Шаг 5. Выполняем расчет пульсационной составляющей ветровой нагрузки по методике СП 20.13330.2011 по первому направлению (по оси X).

Выбор типа расчета

Сейсмические воздействия

- Нагрузки по СНиП II-7-81* (плоская модель)
- Нагрузки по КМК 2.01.03-96

Нагрузки для заданных спектров ответа

- Поступательное воздействие
- Вращательное воздействие
- Дифференциальная модель

Опасное направление воздействия

Оценка вклада форм колебаний

- При поступательном воздействии
- При вращательном воздействии

Реакция во временной области

Пульсации ветра

Нагрузки по СП 20.13330.2011

- Расчёт по п.11.1.8, а, б ($f_2 > f_L$)
- Динамический расчёт по п.11.1.8, в ($f_2 < f_L$)

По рекомендациям ЦНИИСК, 2000 г.

- Предельная частота
- Перемещения и усилия

Расчетные сочетания усилий

- В сечениях стержней
- Реакций опор

Железобетонные конструкции

- Стержневые элементы
- Ребра плит
- Пластины
 - Основная арматура
 - Расчет арматуры
 - Ширина раскрытия трещин
 - Продавливание
- Конструктивные элементы

Металлические конструкции по СП 16.13330.2011

- Изгибаемые элементы
- Прокатные колонны и элементы ферм
- Сквозные колонны
- Сварные колонны
- Конструктивные элементы

Устойчивость

- Расчетные длины стержней
- Энергетический анализ роли элементов

СП 20.13330.2011

- по комбинациям нагружений

СП 63.13330.2012

- Локальный расчет
- Экспорт в ПРУСК

OK Отменить Помощь

Настройки ?

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ
- Панели инструментов

Выбор норм проектирования

- актуализированные 2011 г
- до актуализации 2011 г.

OK Отменить

Коэффициент к граничной высоте скатой зоны бетона при особых сочетаниях нагрузок (СП 52, СП 63)

0.70

Задаем расчетные параметры по первому направлению и производим расчет пульсационных нагрузок

Расчет пульсаций ветра

Номер статического нагружения: 4

Значение R_0 по оси X: 0.3

Значение R_0 по оси Y: 0.12

Значение R_0 по оси Z: 0.3

Значение H_i по оси X: 27.1

Значение H_i по оси Y: 27.1

Значение H_i по оси Z: 0.3

Кол-во учитываемых форм колебаний (по СНиП): 5

Тип расчёта

- Собственные колебания
- Деформированные колебания

Номер ветрового района

- I а
- I
- II
- III
- IV
- V
- VI
- VII

Дополнительные условия

Задать номера форм

ПРИМЕЧАНИЕ:
Введите номера учитываемых в расчете форм через запятую, без пробелов. Например, 1, 5 - 12, 17

Точности для ветровых нагрузок

Силы 0.01

Моменты 0.01

Расчет

Отменить

Помощь

Данные для расчета

Логарифмический декремент колебаний

- Для железобетонных и каменных сооружений, а также, для зданий со стальным каркасом при наличии ограждающих конструкций (0.3)
- Для стальных сооружений, футерованных дымовых труб, аппаратов колонного типа, в том числе на железобетонных постаментов (0.15)

Тип местности

- А - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, сельские местности, в т.ч. с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра
- В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м
- С - городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м

OK

Отменить

Помощь

изменить номер

копировать

удалить

масштабировать

◀ Нагрузка 9 ▶

В результате получаем 4 новых нагружения (НГ6...НГ9)

Шаг 6. Определяем формы и частоты деформированных колебаний мачты (колебаний относительно деформированного состояния с учетом геометрической и конструктивной нелинейности).

Параметры расчета

Тип расчета

- Статический расчет
- Устойчивость
- Собственные колебания
- Спектральный сдвиг
- "Деформированные" колебания
- "Нелинейная" устойчивость
- "Нелинейный" спектральный сдвиг

Итерационный расчет

- Теория II порядка
- Трос
- Односторонние опоры
- Односторонние шарниры
- Превышение итераций
- Прерывание итераций

Точность 0.0001

- Однопоточный расчет
- Оптимизация
- Закрепление узлов

Задание стандартов ...

Итерации 200

Точность 1e-006

Количество собственных форм 6

Вывод результатов

- Усилия
- Реакции
- Невязки

Проект Мачта на оттяжках (тросы)

Примечание

Исполнитель user

OK Отменить Помощь

Выбор типа решателя

- Разреженный
- Фронтальный

OK Отменить

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации Массы Доп. на устойчивость

	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	НГ-5
К-1	1	1	1	0	0.9

Задание и корректировка комбинаций

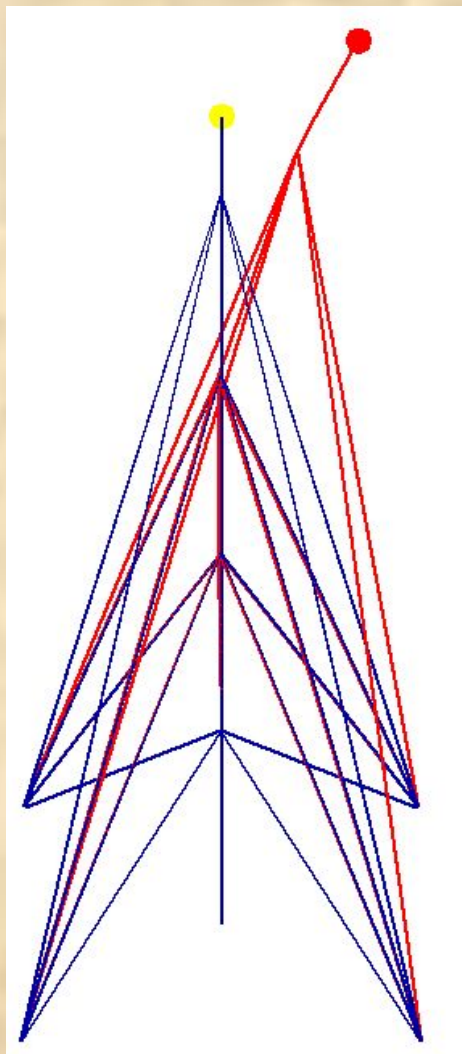
Комбинации Массы Доп. на устойчивость

	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	НГ-5
К-1	0.1	0.1	0.1	0	0

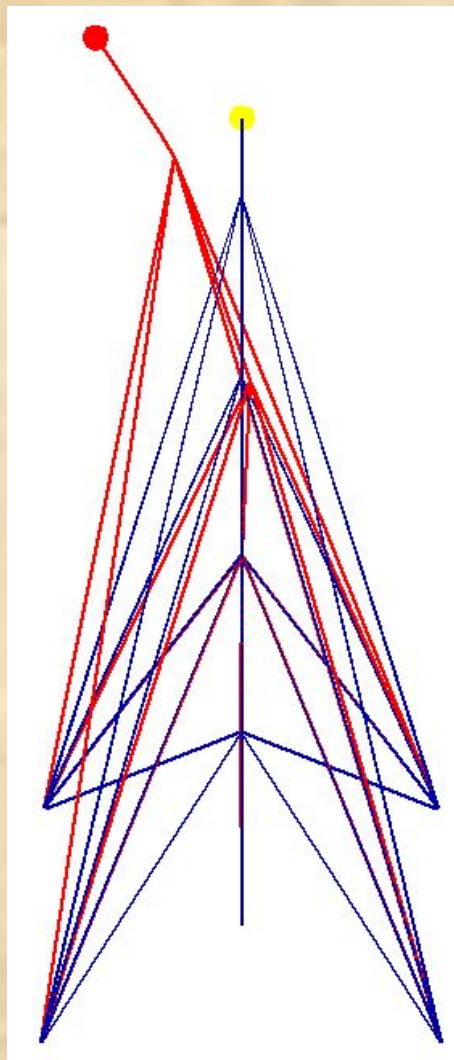
Ветер по оси Y

Шаг 7. Выполняем анализ деформированных колебаний.

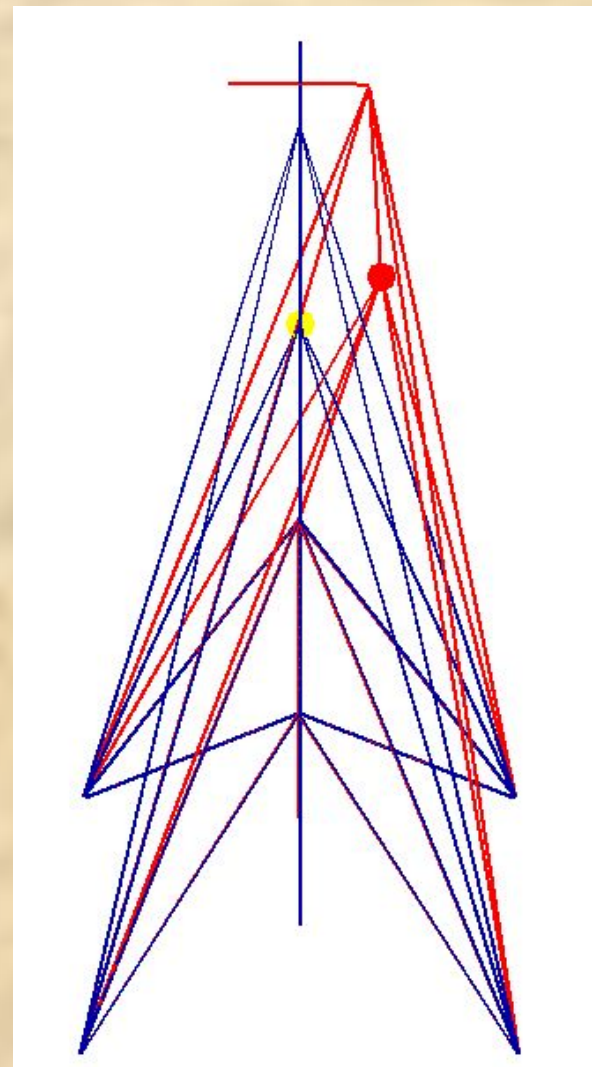
Форма 1



Форма 2



Форма 4

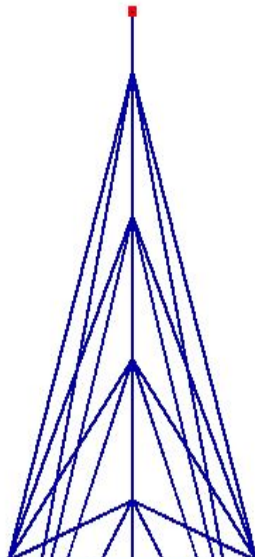


Шаг 8. Выводим и оцениваем периоды и частоты деформированных колебаний мачты.

Проекты Растр Вставка Полный Виды uvw -Задать Фрагмент Позиции Геометрия Нагрузки Редактировать Расчет Комбинации Результаты Настройки ?

Таблицы
Графика
Тип результатов

Zoom
Refr
Word
XY YZ XZ 3D
Einz Auto Box Krz
Назад
Таблицы
Графика
Тип результатов
Отметить
Отменить
Вывести
<X-Y-Z-Координаты>



Собственные частоты

Комб.	Форма	ω рад/с	f Гц	T с
1	1	3.88	0.62	1.62
	2	5.29	0.84	1.19
	3	11.81	1.88	0.53
	4	14.00	2.23	0.45
	5	15.01	2.39	0.42
	6	21.81	3.47	0.29

Отметьте узлы, которые нужно включить в группу

>>

Шаг 9. Выполняем расчет пульсационной составляющей ветровой нагрузки по методике СП 20.13330.2011 по второму направлению (по оси Y).

Выбор типа расчета

Сейсмические воздействия

- Нагрузки по СНиП II-7-81* (плоская модель)
- Нагрузки по КМК 2.01.03-96

Нагрузки для заданных спектров ответа

- Поступательное воздействие
- Вращательное воздействие
- Дифференциальная модель

Опасное направление воздействия

Оценка вклада форм колебаний

- При поступательном воздействии
- При вращательном воздействии

Реакция во временной области

Пульсации ветра

Нагрузки по СП 20.13330.2011

- Расчёт по п.11.1.8, а, б ($f_2 > f_L$)
- Динамический расчёт по п.11.1.8, в ($f_2 < f_L$)

По рекомендациям ЦНИИСК, 2000 г.

- Предельная частота
- Перемещения и усилия

Расчетные сочетания усилий

- В сечениях стержней
- Реакций опор

- СП 20.13330.2011
- по комбинациям нагружений

Железобетонные конструкции

- Стержневые элементы
- Ребра плит
- Пластины
 - Основная арматура
 - Расчет арматуры
 - Ширина раскрытия трещин
 - Продавливание
- Локальный расчет
- Экспорт в ПРУСК

- СП 63.13330.2012

Конструктивные элементы

Металлические конструкции по СП 16.13330.2011

- Изгибаемые элементы
- Прокатные колонны и элементы ферм
- Сквозные колонны
- Сварные колонны
- Конструктивные элементы

Устойчивость

- Расчетные длины стержней
- Энергетический анализ роли элементов

OK Отменить Помощь

Настройки ?

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ
- Панели инструментов

Выбор норм проектирования

- актуализированные 2011 г
- до актуализации 2011 г.

OK Отменить

Коэффициент к граничной высоте скатой зоны бетона при особых сочетаниях нагрузок (СП 52, СП 63)

0.70

Задаем расчетные параметры по второму направлению и производим расчет пульсационных нагрузок

Расчет пульсаций ветра

Номер статического нагружения : 5

Значение R_0 по оси X 0.12

Значение R_0 по оси Y 0.3

Значение R_0 по оси Z 0.3

Значение H_i по оси X 27.1

Значение H_i по оси Y 27.1

Значение H_i по оси Z : 0.3

Кол-во учитываемых форм колебаний (по СНиП) : 5

Задать номера форм

Тип расчёта

Собственные колебания

Деформированные колебания

Номер ветрового района

I а I

II III

IV V

VI VII

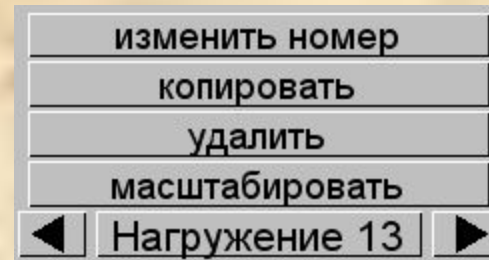
Дополнительные условия

ПРИМЕЧАНИЕ:
Введите номера учитываемых в расчете форм через запятую, без пробелов. Например, 1, 5 - 12,17

Точности для ветровых нагрузок

Силы 0.01 Моменты 0.01

Расчет Отменить Помощь



В результате получаем 4 новых нагружения (НГ10...НГ13)

Направление ветрового воздействия	Номера статических нагрузений	Номера форм колебаний	Номера пульсационных нагрузений
Первое направление (по оси X)	4	1-4	6-9
Второе направление (по оси Y)	5	1-4	10-13

Шаг 10. Определяем формы и частоты деформированных колебаний мачты (колебаний относительно деформированного состояния с учетом геометрической и конструктивной нелинейности).

Параметры расчета

Тип расчета

- Статический расчет
- Устойчивость
- Собственные колебания
- Спектральный сдвиг
- "Деформированные" колебания
- "Нелинейная" устойчивость
- "Нелинейный" спектральный сдвиг

Итерационный расчет

- Теория II порядка
- Трос
- Односторонние опоры
- Односторонние шарниры
- Превышение итераций
- Прерывание итераций

Точность 0.0001

- Однопоточный расчет
- Оптимизация
- Закрепление узлов

Итерации 200

Точность 1e-006

Количество собственных форм 20

Задание стандартов ...

Вывод результатов

- Усилия
- Реакции
- Невязки

Проект Мачта на оттяжках (тросы)

Примечание

Исполнитель uzeg

OK Отменить Помощь

Выбор типа решателя

- Разреженный
- Фронтальный

OK Отменить

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации	Массы	Доп. на устойчивость			
	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	
K-1	0.9	0.8	0.5	0	

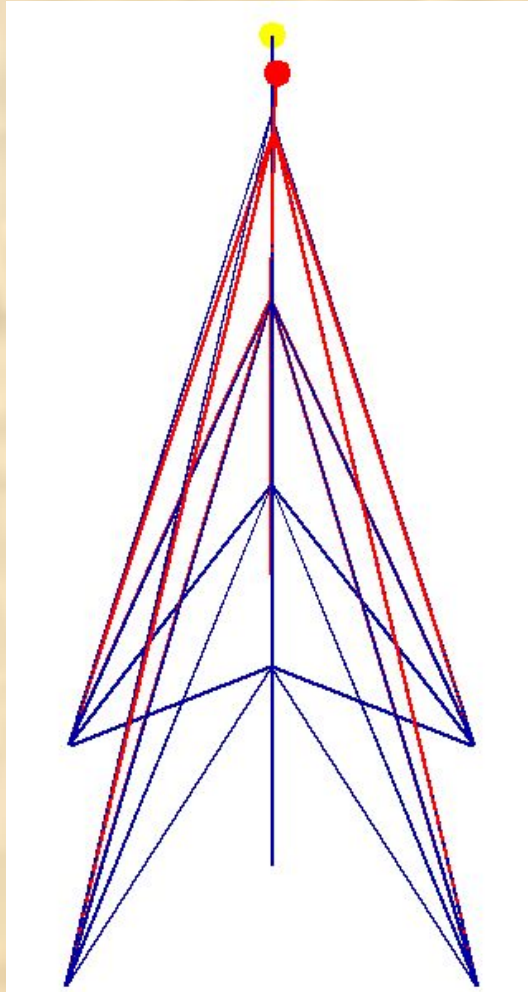
Задание и корректировка комбинаций

Комбинации	Массы	Доп. на устойчивость			
	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	
K-1	0.09	0.08	0.05	0	

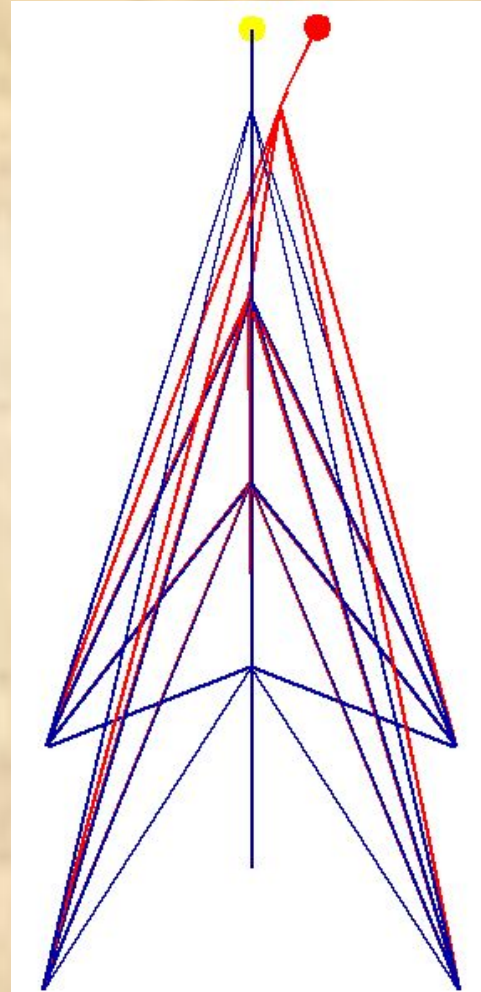
Расчет на сейсмику

Шаг 11. Выполняем анализ деформированных колебаний.

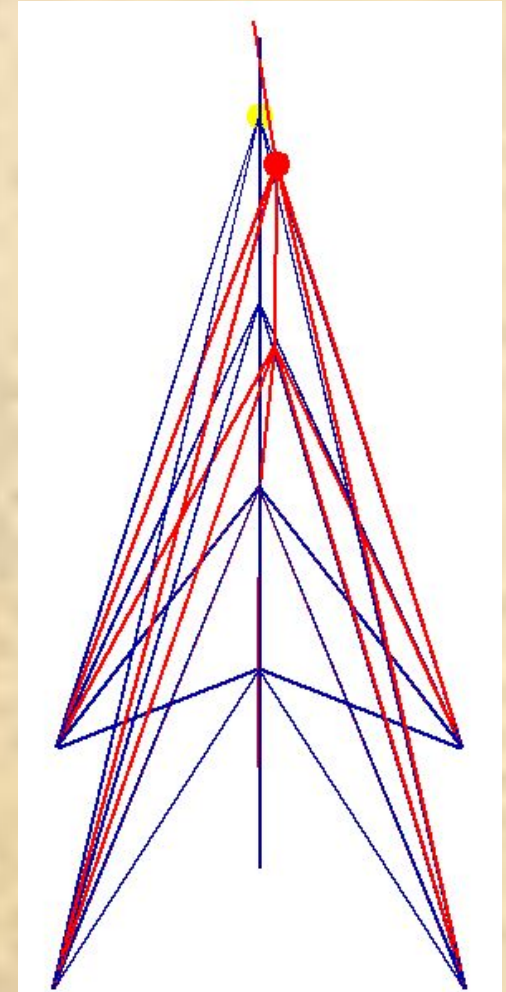
Форма 1



Форма 2



Форма 4

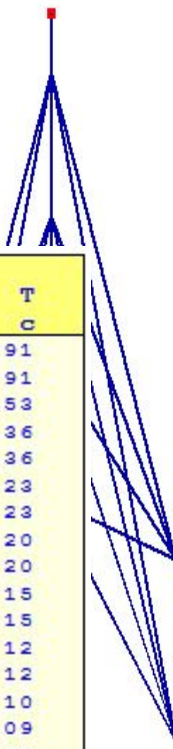


Шаг 12. Выводим и оцениваем периоды и частоты деформированных колебаний мачты.

Проекты Растр Вставка Полный Виды uvw-Задать Фрагмент Позиции Геометрия Нагрузки Редактировать Расчет Комбинации Результаты Настройки ?

Таблицы
Графика
Тип результатов

Zoom
Refr
Word
XY YZ XZ 3D
Einz Auto Box Krz
Назад
Таблицы
Графика
Тип результатов
Отметить
Отменить
Вывести
<X-Y-Z-Координаты>



Собственные частоты				
Комб.	Форма	W рад/с	f Гц	T с
1	1	6.93	1.10	0.91
	2	6.93	1.10	0.91
	3	11.95	1.90	0.53
	4	17.68	2.81	0.36
	5	17.68	2.81	0.36
	6	26.82	4.27	0.23
	7	26.82	4.27	0.23
	8	31.67	5.04	0.20
	9	31.67	5.04	0.20
	10	43.12	6.86	0.15
	11	43.12	6.86	0.15
	12	50.95	8.11	0.12
	13	50.95	8.11	0.12
	14	64.59	10.28	0.10
	15	68.91	10.97	0.09
	16	68.91	10.97	0.09
	17	82.80	13.18	0.08
	18	82.80	13.18	0.08
	19	93.31	14.85	0.07
	20	103.35	16.45	0.06

Отметьте узлы, которые нужно включить в группу

<X-Y-Z-Координаты>

Шаг 13. Определяем опасные направления сейсмического воздействия.

Выбор типа расчета

Сейсмические воздействия

- Нагрузки по СНиП II-7-81* (плоская модель)
- Нагрузки по КМК 2.01.03-96

Нагрузки для заданных спектров ответа

- Поступательное воздействие
- Вращательное воздействие
- Дифференциальная модель

Опасное направление воздействия

Оценка вклада форм колебаний

- При поступательном воздействии
- При вращательном воздействии

Реакция во временной области

Пулсации ветра

Нагрузки по СП 20.13330.2011

- Расчёт по п.11.1.8, а, б ($f_2 > f_L$)
- Динамический расчёт по п.11.1.8, в ($f_2 < f_L$)

По рекомендациям ЦНИИСК, 2000 г.

- Предельная частота
- Перемещения и усилия

Расчетные сочетания усилий

- В сечениях стержней
- Реакций опор
- СП 20.13330.2011
- по комбинациям нагружений

Железобетонные конструкции

- Стержневые элементы
- Ребра плит
- СП 63.13330.2012
- Локальный расчет
- Экспорт в ПРУСК

Пластины

- Основная арматура
- Расчет арматуры
- Ширина раскрытия трещин
- Продавливание

Конструктивные элементы

Металлические конструкции по СП 16.13330.2011

- Изгибаемые элементы
- Прокатные колонны и элементы ферм
- Сквозные колонны
- Сварные колонны
- Конструктивные элементы

Устойчивость

- Расчетные длины стержней
- Энергетический анализ роли элементов

OK Отменить Помощь

Опасное направление

- Рассчитать
- Вывести во Viewer (просмотреть)
- оценить вклад форм
- учитывать спектр ответа

OK Отменить

Выбираем спектр ответа для определения опасного направления

Характеристики сейсмического расчёта

Спектры

Количество спектров

Номер текущего спектра

Имя

Задание по точкам
 Аналитическое задание

Количество интервалов

Периоды и ускорения

	Период [с]	Ускор. [м/с ²]
1	0	1
2	0.1	2.5
3	0.4	2.5
4	0.6	2.04124

График

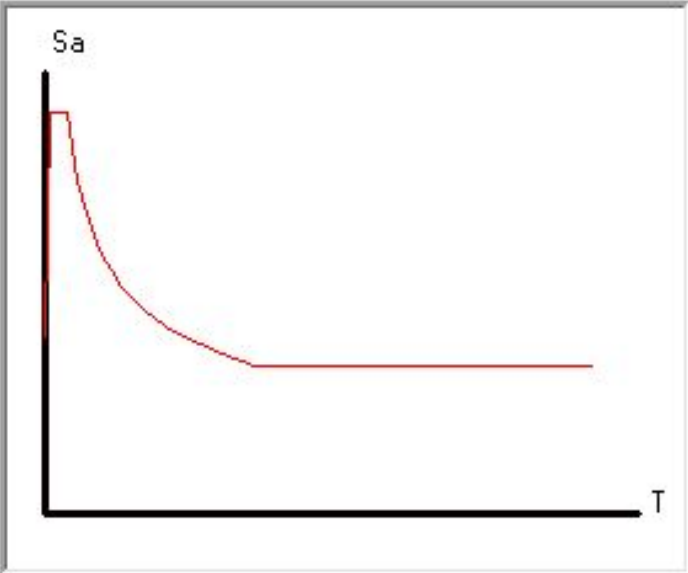
Расчёт

Отменить

Загрузка из проекта
 Загрузка стандартов

Чтение

Запись



The graph shows the spectral acceleration S_a on the vertical axis and the period T on the horizontal axis. The curve starts at a high value for small T , drops sharply, and then levels off to a constant value for larger T .

Программа формирует таблицу направляющих косинусов по каждому опасному направлению

--ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ

Элементы	Узлы Нагружения	Собств. формы	Консистентность масс
22	11	9	20 да

--ОПАСНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
 --ДЛЯ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
 -- (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ)

Количество собств. форм	Угол с осью OX	Угол с плоскостью XOY
20	79.134	0.000

--НАПРАВЛЯЮЩИЕ КОСИНУСЫ (ОРИЕНТАЦИЯ) ФОРМ
 --ДЛЯ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Направление	Форма	OX	OY	OZ
1	форма 1	0.645	0.764	0.000
2	форма 2	0.764	-0.645	0.000
3	форма 3	-	-	-
4	форма 4	0.553	0.833	0.000
5	форма 5	-0.833	0.553	0.000
6	форма 6	-0.557	-0.831	0.000
7	форма 7	-0.831	0.557	0.000
8	форма 8	-0.563	-0.826	0.000
9	форма 9	-0.826	0.563	0.000
10	форма 10	0.495	0.869	0.000
11	форма 11	0.869	-0.495	0.000
12	форма 12	0.530	0.848	0.000
13	форма 13	0.848	-0.530	0.000
14	форма 14	-	-	-
15	форма 15	-0.870	-0.494	0.000
16	форма 16	0.494	-0.870	0.000
17	форма 17	0.109	0.994	0.000
18	форма 18	0.994	-0.109	0.000
19	форма 19	-	-	-
20	форма 20	0.188	0.982	0.000
	bad dir	0.189	0.982	0.000

В этом же файле производится оценка вклада форм и суммарный вклад учтенных форм колебаний по каждому направлению

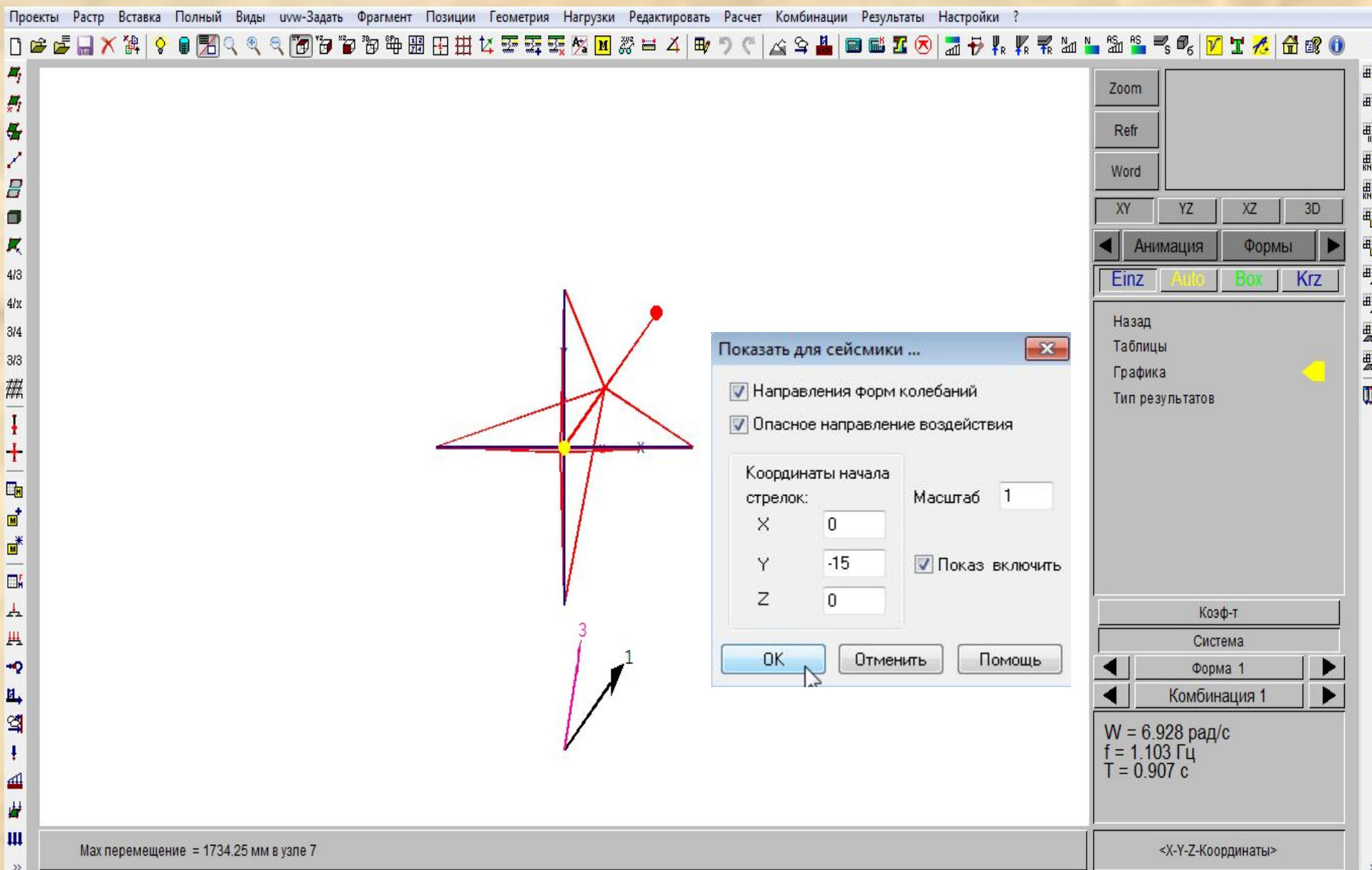
--ВКЛАД ФОРМ КОЛЕБАНИЙ				
Номер направления	Номер формы	Период [сек]	Модальная масса [%]	Вклад формы [%]
1	1	0.9070	32.33	24.53
	2	0.9070	0.00	0.00
	3	0.5260	0.00	0.00
	4	0.3550	24.66	28.04
	5	0.3550	0.34	0.29
	6	0.2340	12.28	13.97
	7	0.2340	0.15	0.17
	8	0.1980	3.21	3.65
	9	0.1980	0.03	0.03
	10	0.1460	19.83	22.55
	11	0.1460	0.63	0.78
	12	0.1230	2.25	2.56
	13	0.1230	0.05	0.06
	14	0.0970	0.00	0.00
	15	0.0910	0.64	0.69
	16	0.0910	0.09	0.10
	17	0.0760	0.66	0.64
	18	0.0760	0.30	0.29
	19	0.0670	0.00	0.00
	20	0.0610	1.78	1.55

			Сумма =	99.29 100.00
bad dir	1	0.9070	24.57	18.55
	2	0.9070	7.76	5.96
	3	0.5260	0.00	0.00
	4	0.3550	21.28	24.09
	5	0.3550	3.72	4.21
	6	0.2340	10.54	11.93
	7	0.2340	1.89	2.14
	8	0.1980	2.73	3.09
	9	0.1980	0.51	0.58
	10	0.1460	18.39	20.81
	11	0.1460	2.13	2.41
	12	0.1230	1.99	2.25
	13	0.1230	0.30	0.34
	14	0.0970	0.00	0.00
	15	0.0910	0.31	0.33
	16	0.0910	0.42	0.45
	17	0.0760	0.95	0.92
	18	0.0760	0.01	0.01
	19	0.0670	0.00	0.00
	20	0.0610	2.34	2.03

			Сумма =	99.84 100.00

Опасные направления можно увидеть графически в результатах расчета

Проекты Растр Вставка Полный Виды uvw-Задать Фрагмент Позиции Геометрия Нагрузки Редактировать Расчет Комбинации Результаты Настройки ?



The screenshot displays a software interface with a 3D plot of vibration directions. The plot shows a central yellow point with several red arrows radiating outwards, representing the directions of vibration. A coordinate system is visible with axes labeled X, Y, and Z. A small inset shows a 2D projection of the vibration directions with arrows labeled 1 and 3.

Показать для сеймики ...

- Направления форм колебаний
- Опасное направление воздействия

Координаты начала стрелок:

X: Масштаб:

Y: Показ включить

Z:

OK Отменить Помощь

Zoom Refr Word XY YZ XZ 3D Анимация Формы Einz Auto Box Krz

Назад Таблицы Графика Тип результатов

Кэф-т Система Форма 1 Комбинация 1

W = 6.928 рад/с
f = 1.103 Гц
T = 0.907 с

Мах перемещение = 1734.25 мм в узле 7

<X-Y-Z-Координаты>

Шаг 14. Выполняем расчет нагрузок от первого сейсмического воздействия.

Выбор типа расчета

Сейсмические воздействия

- Нагрузки по СНиП II-7-81* (плоская модель)
- Нагрузки по КМК 2.01.03-96

Нагрузки для заданных спектров ответа

- Поступательное воздействие
- Вращательное воздействие
- Дифференциальная модель

Опасное направление воздействия

Оценка вклада форм колебаний

- При поступательном воздействии
- При вращательном воздействии

Реакция во временной области

Пульсации ветра

Нагрузки по СП 20.13330.2011

- Расчёт по п.11.1.8, а, б ($f_2 > f_L$)
- Динамический расчёт по п.11.1.8, в ($f_2 < f_L$)

По рекомендациям ЦНИИСК, 2000 г.

- Предельная частота
- Перемещения и усилия

Расчетные сочетания усилий

- В сечениях стержней
- Реакций опор

СП 20.13330.2011

по комбинациям нагрузжений

Железобетонные конструкции

- Стержневые элементы
- Ребра плит

Пластины

- Основная арматура
- Расчет арматуры
- Ширина раскрытия трещин
- Продавливание

Конструктивные элементы

СП 63.13330.2012

Локальный расчет

Экспорт в ПРУСК

Металлические конструкции по СП 16.13330.2011

- Изгибаемые элементы
- Прокатные колонны и элементы ферм
- Сквозные колонны
- Сварные колонны
- Конструктивные элементы

Устойчивость

- Расчетные длины стержней
- Энергетический анализ роли элементов

OK Отменить Помощь

Задаем расчетные параметры по первому опасному направлению и производим расчет сейсмических нагрузок

Характеристики сейсмического расчёта

Спектры
Количество спектров: 1
Номер текущего спектра: 1
Имя: Soil category 1,2
 Задание по точкам
 Аналитическое задание
Количество интервалов: 22

Периоды и ускорения

	Период [с]	Ускор. [м/с ²]
1	0	1
2	0.1	2.5
3	0.4	2.5
4	0.6	2.04124
5	0.8	1.76777

Центр вращения
X: 0 Y: 0 Z: 0
Рассчитать

Точности сейсмических нагрузок ...

Файлы характеристик
 Загрузка из проекта
 Загрузка стандартов

Побуждения
Количество побуждений: 1
Номер тек. побуждения: 1
Амплитуда: 0.360
Количество исследуемых собственных значений: 20
Номер спектра: 1
Задать формы: 1,4,6,8,10,12,20

Направление сейсм. воздействия
 Задать углами
 Задать направляющими косинусами

Направляющие косинусы воздействия
0.645 0.764 0.0000

Расчет интенсивности сейсмического воздействия

Нормы: СП 14.13330.2011
Интенсивность сейсмического воздействия: 0.3600 м/с²
Сейсмичность площадки(табл.2): 8
K0 (табл.3): 1.0
Ka (табл.4): 1.0
K1 (табл.5): 0.12
Kpsi (табл.6): 1.5
Категория грунта: II

График

собств. колебания
деформ. колебания

изменить номер
копировать
удалить
масштабировать
Нагружение 20

Запись Расчёт Отменить

В результате получаем 7 новых нагружений (НГ14...НГ20)

Коэффициенты из табл. 3 и 6 СНИП II-7-81* и табл. 3-5 СП 14.13330.2014 выбираются в интерактивном режиме

Значения коэффициента K1 по табл. 5 СП 14.13330.2011

Тип здания или сооружения	Значение K1		Отменить
1. Здания и сооружения, в конструкциях которых повреждения или неупругие деформации не допускаются	1.0	Примечание. Отнесение зданий и сооружений к 1 и 3 типам проводится заказчиком по представлению генпроектировщика.	
2. Здания и сооружения, в конструкциях которых могут быть допущены остаточные деформации и повреждения, затрудняющие нормальную эксплуатацию, при обеспечении безопасности людей и сохранности оборудования, возводимые:			
из железобетонных крупнопанельных или монолитных конструкций	0.25	из кирпичной или каменной кладки	0.4
с железобетонным каркасом без вертикальных диафрагм или связей	0.35	с железобетонным каркасом с диафрагмами или связями	0.3
с железобетонным каркасом с заполнением из кирпичной или каменной кладки	0.4	из железобетонных объемно-блочных и панельно-блочных конструкций	0.3
из деревянных конструкций	0.15		
со стальным каркасом без вертикальных диафрагм или связей	0.25	со стальным каркасом с диафрагмами и связями	0.22
3. Здания и сооружения, в конструкциях которых могут быть допущены значительные остаточные деформации, трещины, повреждения отдельных элементов, их смещения, временно приостанавливающие нормальную эксплуатацию при обеспечении безопасности людей			0.12

Шаг 15. Определяем формы и частоты деформированных колебаний мачты (колебаний относительно деформированного состояния с учетом геометрической и конструктивной нелинейности).

Параметры расчета

Тип расчета

- Статический расчет
- Устойчивость
- Собственные колебания
- Спектральный сдвиг
- "Деформированные" колебания
- "Нелинейная" устойчивость
- "Нелинейный" спектральный сдвиг

Итерационный расчет

- Теория II порядка
- Трос
- Односторонние опоры
- Односторонние шарниры
- Превышение итераций
- Прерывание итераций

Точность 0.0001

- Однопоточный расчет
- Оптимизация
- Закрепление узлов

Итерации 200

Точность 1e-006

Количество собственных форм 20

Задание стандартов ...

Вывод результатов

- Усилия
- Реакции
- Невязки

Проект Мачта на оттяжках (тросы)

Примечание

Исполнитель uzeg

OK Отменить Помощь

Выбор типа решателя

- Разреженный
- Фронтальный

OK Отменить

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации	Массы	Доп. на устойчивость			
	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-	
K-1	0.9	0.8	0.5	0	

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации	Массы	Доп. на устойчивость			
	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-	
K-1	0.09	0.08	0.05	0	

Расчет на сейсмику

Шаг 16. Выполняем расчет нагрузок от второго сейсмического воздействия.

Характеристики сейсмического расчёта

Спектры
Количество спектров: 1
Номер текущего спектра: 1
Имя: Soil category 1,2
 Задание по точкам
 Аналитическое задание
Количество интервалов: 22

Периоды и ускорения

	Период [с]	Ускор. [м/с ²]
1	0	1
2	0.1	2.5
3	0.4	2.5
4	0.6	2.04124
5	0.9	1.76777

Побуждения
Количество побуждений: 1
Номер тек. побуждения: 1
Амплитуда: 0.360
Количество исследуемых собственных значений: 20
Номер спектра: 1
Задать формы: 2,5,7,9,11,13
Направление сейсм. воздействия:
 Задать углами
 Задать направляющими косинусами
Направляющие косинусы воздействия: 0.764 -0.645 0.0000

Центр вращения
X: 0 Y: 0 Z: 0
Рассчитать

Точности сейсмических нагрузок ...

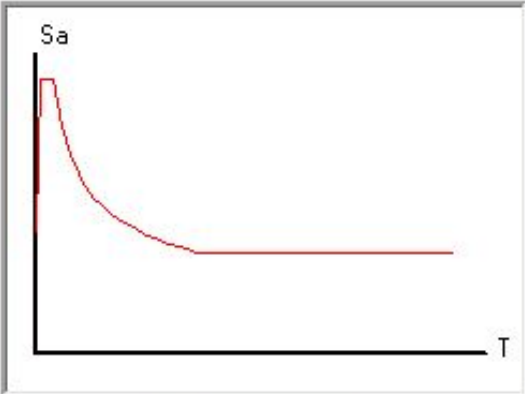
Файлы характеристик
 Загрузка из проекта
 Загрузка стандартов

Запись

График

Расчёт

Отменить



собств. колебания

деформ. колебания

изменить номер

копировать

удалить

масштабировать

Нагружение 26

В результате получаем 6 новых нагружений (НГ21...НГ26)

Шаг 17. Определяем формы и частоты деформированных колебаний мачты (колебаний относительно деформированного состояния с учетом геометрической и конструктивной нелинейности).

Параметры расчета

Тип расчета

- Статический расчет
- Устойчивость
- Собственные колебания
- Спектральный сдвиг
- "Деформированные" колебания
- "Нелинейная" устойчивость
- "Нелинейный" спектральный сдвиг

Итерационный расчет

- Теория II порядка
- Трос
- Односторонние опоры
- Односторонние шарниры
- Превышение итераций
- Прерывание итераций

Точность 0.0001

- Однопоточный расчет
- Оптимизация
- Закрепление узлов

Итерации 200

Точность 1e-006

Количество собственных форм 20

Задание стандартов ...

Вывод результатов

- Усилия
- Реакции
- Невязки

Проект Мачта на оттяжках (тросы)

Примечание

Исполнитель uzeg

OK Отменить Помощь

Выбор типа решателя

- Разреженный
- Фронтальный

OK Отменить

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации	Массы	Доп. на устойчивость			
	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-	
K-1	0.9	0.8	0.5	0	

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации	Массы	Доп. на устойчивость			
	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-	
K-1	0.09	0.08	0.05	0	

Расчет на сейсмику

Шаг 18. Выполняем расчет сейсмических нагрузок от наилучшего направления сейсмического воздействия.

Характеристики сейсмического расчёта

Спектры
Количество спектров: 1
Номер текущего спектра: 1
Имя: Soil category 1,2
 Задание по точкам
 Аналитическое задание
Количество интервалов: 22

Периоды и ускорения

	Период [с]	Ускор. [м/с ²]
1	0	1
2	0.1	2.5
3	0.4	2.5
4	0.6	2.04124
5	0.8	1.76777

Побуждения
Количество побуждений: 1
Номер тек. побуждения: 1
Амплитуда: 0.36
Количество исследуемых собственных значений: 20
Номер спектра: 1
 Задать формы: 1-2,4-8,10-12,20

Направление сейсм. воздействия
 Задать углами
 Задать направляющими косинусами

Направляющие косинусы воздействия
0.189 0.982 0.0000

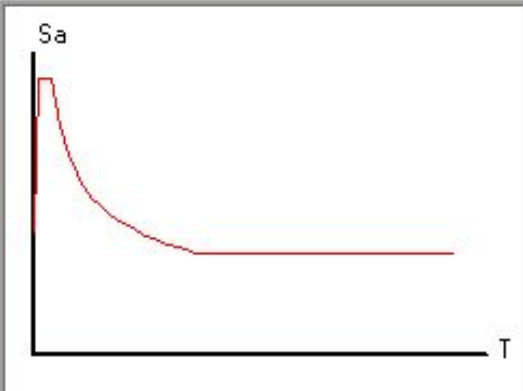
Центр вращения
X: 0 Y: 0 Z: 0
Рассчитать

Точности сейсмических нагрузок ...

Файлы характеристик
 Загрузка из проекта
 Загрузка стандартов

Запись

График Расчёт Отменить



собств. колебания

деформ. колебания

изменить номер

копировать

удалить

масштабировать

◀ Нагружение 37 ▶

В результате получаем 11 новых нагружения (НГ27...НГ37)

Направление сейсмического воздействия	Номера форм колебаний	Номера нагрузений
Первое направление	1,4,6,8,10,12,20	14-20
Второе направление	2,5,7,9,11,13	21-26
Наихудшее (опасное) направление	1-2,4-8,10-12,20	27-37

Шаг 21. Производим расчет на устойчивость гибкой мачты (геометрическая и конструктивная нелинейность).

Выбор типа решателя

Разреженный

Фронтальный

OK

Отменить

Параметры расчета

Тип расчета

Статический расчет

Устойчивость

Собственные колебания

Спектральный сдвиг

"Деформированные" колебания

"Нелинейная" устойчивость

"Нелинейный" спектральный сдвиг

Итерационный расчет

Теория II порядка

Трос

Односторонние опоры

Односторонние шарниры

Превышение итераций

Прерывание итераций

Итерации: 200

Точность: 1e-006

Количество собственных форм: 6

Точность: 0.0001

Однопоточный расчет

Оптимизация

Закрепление узлов

Задание стандартов ...

Вывод результатов

Усилия

Реакции

Невязки

Проект: Мачта на оттяжках (тросы)

Примечание:

Исполнитель: uzer

OK Отменить Помощь

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации Массы Доп. на устойчивость

	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	НГ-5
K-1	1	1	1	0.9	0
K-2	1	1	1	0	0.9
K-3	0.9	0.8	0.5	0	0
K-4	0.9	0.8	0.5	0	0
K-5	0.9	0.8	0.5	0	0

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации Массы Доп. на устойчивость

	НГ-6	НГ-7	НГ-8	НГ-9	НГ-10
K-1	0.9	0.9	0.9	0.9	0
K-2	0	0	0	0	0.9
K-3	0	0	0	0	0
K-4	0	0	0	0	0
K-5	0	0	0	0	0

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации Массы Доп. на устойчивость

	НГ-11	НГ-12	НГ-13	НГ-14	НГ-15
K-1	0	0	0	0	0
K-2	0.9	0.9	0.9	0	0
K-3	0	0	0	1	1
K-4	0	0	0	0	0
K-5	0	0	0	0	0

Шаг 22. Оцениваем критический параметр нагрузки P_{cr} (коэффициент, показывающий, во сколько раз нужно увеличить действующую нагрузку, чтобы система потеряла общую устойчивость).

The image shows a screenshot of a structural analysis software interface. The main window displays a 3D model of a tower structure, rendered in blue and red lines. The structure is a tall, slender tower with a central vertical axis and several diagonal bracing members. The top of the tower is supported by a horizontal beam. The software interface includes a menu bar at the top with options like "Проекты", "Растр", "Вставка", "Полный", "Виды", "uvw-Задать", "Фрагмент", "Позиции", "Геометрия", "Нагрузки", "Редактировать", "Расчет", "Комбинации", "Результаты", and "Настройки". Below the menu bar is a toolbar with various icons for file operations, editing, and analysis. On the right side, there is a control panel with buttons for "Zoom", "Refr", "Word", "XY", "YZ", "XZ", "3D", "Анимация", "Формы", "Einz", "Auto", "Box", and "Krz". Below these buttons are several tabs: "Назад", "Таблицы", "Графика", and "Тип результатов". The "Графика" tab is currently selected. Below the tabs, there are buttons for "Козф-т", "Система", "Форма 1", and "Комбинация 1". The "Комбинация 1" button is circled in red, and below it, the value $P_{cr} = 1.84501$ is displayed. At the bottom of the interface, there is a status bar showing "Max перемещение = 210.864 мм в узле 7" and "<X-Y-Z-Координаты>".

Шаг 24. Оцениваем перемещения и усилия в элементах мачты.

The screenshot displays a structural analysis software interface. The main window shows a 3D model of a tower structure. The original structure is rendered in blue, while the displaced state is shown in red. A yellow node at the top of the tower is highlighted. A tooltip labeled "Перемещения узлов" (Node Displacements) is visible near the top right of the model. The software's menu bar includes options like "Проекты", "Растр", "Вставка", "Полный Вид", "uvw-Задать", "Фрагмент", "Позиции", "Геометрия", "Нагрузки", "Редактировать", "Расчет", "Комбинации", "Результаты", and "Настройки". The right-hand side features a control panel with buttons for "Zoom", "Refr", "Word", "XY", "YZ", "XZ", "3D", "Einz", "Auto", "Box", "Krz", and a list of result types: "Назад", "Таблицы", "Графика", and "Тип результатов". A yellow arrow points to the "Графика" option. Below this are buttons for "Коэф-т", "Система", and "Комбинация 2". The bottom status bar indicates "Max перемещение = 815.832 мм в узле 7" (Max displacement = 815.832 mm at node 7) and shows the coordinate system as "<X-Y-Z-Координаты>".

Шаг 25. Определяем расчетные сочетания усилий в сечениях стержней.

Выбор типа расчета

Сейсмические воздействия

- Нагрузки по СНиП II-7-81* (плоская модель)
- Нагрузки по КМК 2.01.03-96

Нагрузки для заданных спектров ответа

- Поступательное воздействие
- Вращательное воздействие
- Дифференциальная модель

Опасное направление воздействия

Оценка вклада форм колебаний

- При поступательном воздействии
- При вращательном воздействии

Реакция во временной области

Пульсации ветра

Нагрузки по СП 20.13330.2011

- Расчёт по п.11.1.8, а, б ($f_2 > f_L$)
- Динамический расчёт по п.11.1.8, в ($f_2 < f_L$)

По рекомендациям ЦНИИСК, 2000 г.

- Предельная частота
- Перемещения и усилия

Расчетные сочетания усилий

- В сечениях стержней
- Реакций опор

Железобетонные конструкции

- Стержневые элементы
- Ребра плит
- Пластины
 - Основная арматура
 - Расчет арматуры
 - Ширина раскрытия трещин
 - Продавливание
- Конструктивные элементы

Металлические конструкции по СП 16.13330.2011

- Изгибаемые элементы
- Прокатные колонны и элементы ферм
- Сквозные колонны
- Сварные колонны
- Конструктивные элементы

Устойчивость

- Расчетные длины стержней
- Энергетический анализ роли элементов

Учет вариации/монтажа

СП 20.13330.2011
 по комбинациям нагружений

СП 63.13330.2012

Локальный расчет
Экспорт в ПРУСК

OK Отменить Помощь

Описываем исходные данные для расчетный сочетаний усилий

Определение РСУ по заданным комбинациям

Характеристики комбинаций

Номер комбинации: 1

Тип комбинации: основная

Кн 1.2 Кд: 0.8

Вывести в ...

Word Viewer

Количество сечений: 5

OK
Отменить
Помощь
Стандарты
Расчет

Определение РСУ по заданным комбинациям

Характеристики комбинаций

Номер комбинации: 2

Тип комбинации: основная

Кн 1.2 Кд: 0.8

Вывести в ...

Word Viewer

Количество сечений: 5

OK
Отменить
Помощь
Стандарты
Расчет

Определение РСУ по заданным комбинациям

Характеристики комбинаций

Номер комбинации: 3

Тип комбинации: особая

Кн 1.2 Кд: 0.8

Вывести в ...

Word Viewer

Количество сечений: 5

OK
Отменить
Помощь
Стандарты
Расчет

Определение РСУ по заданным комбинациям

Характеристики комбинаций

Номер комбинации: 5

Тип комбинации: особая

Кн 1.2 Кд: 0.8

Вывести в ...

Word Viewer

Количество сечений: 5

OK
Отменить
Помощь
Стандарты
Расчет