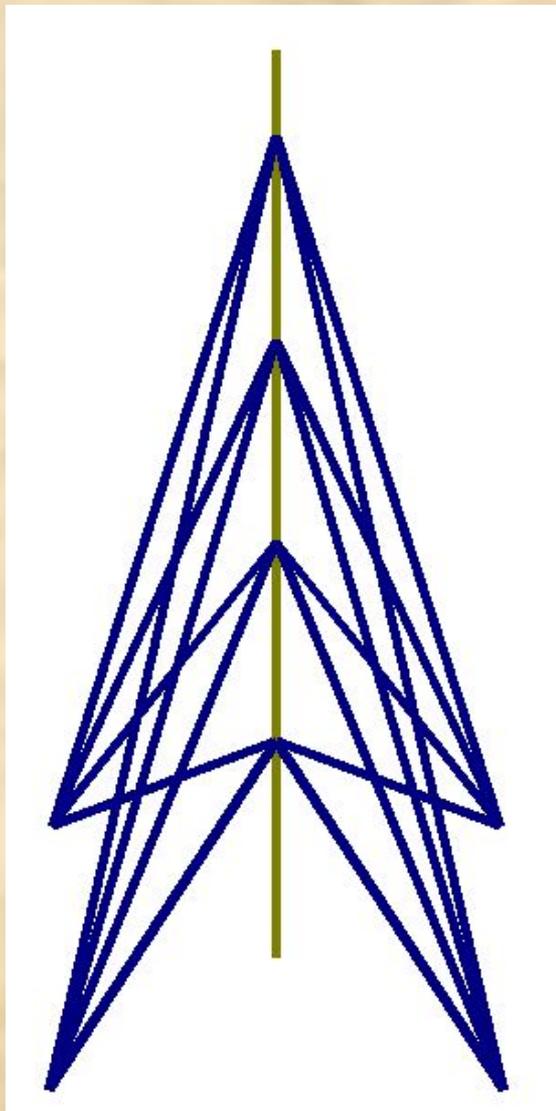


**Расчет систем с
конструктивной
нелинейностью на
сейсмические, ветровые
воздействия и устойчивость**

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

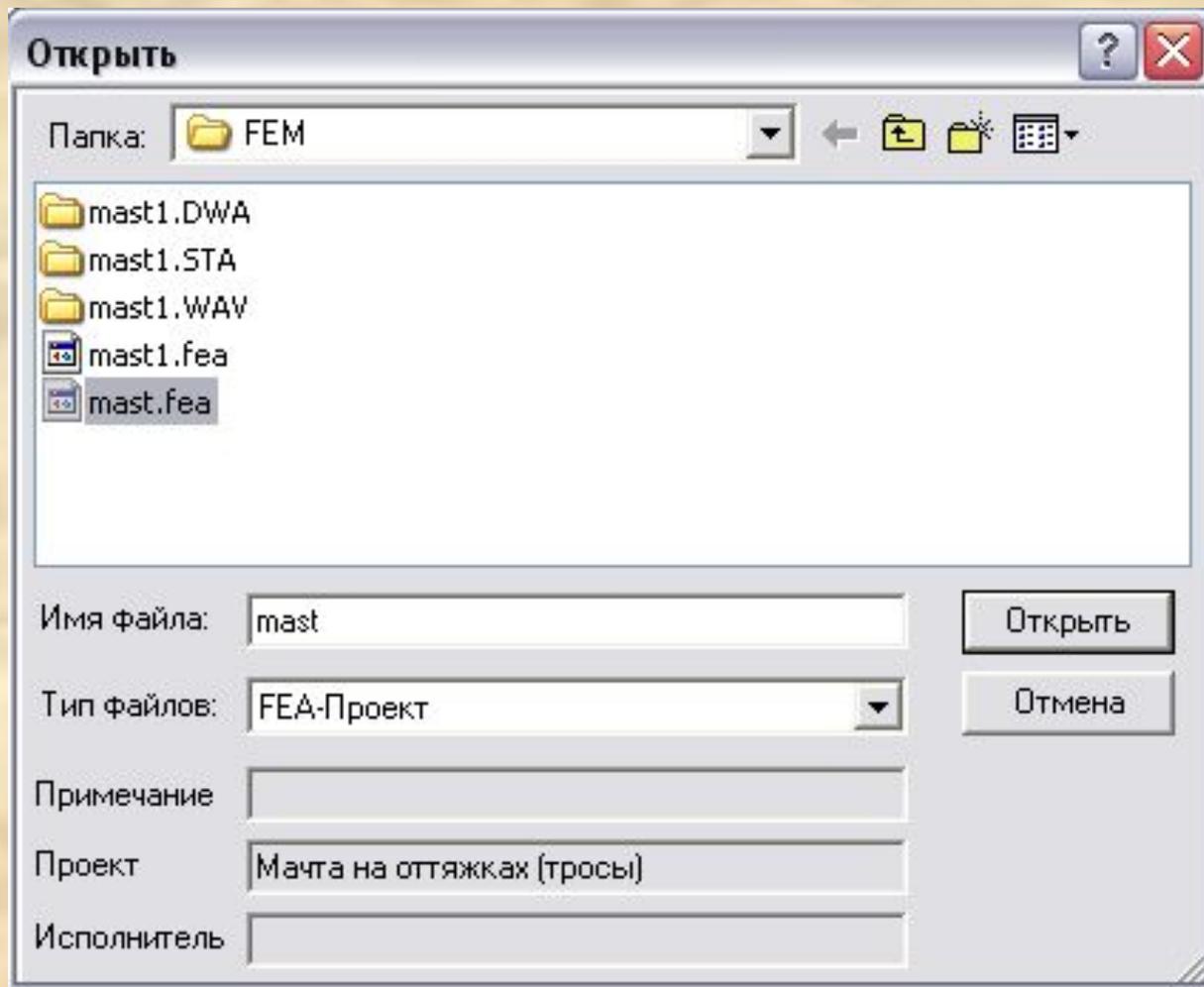


Имеется расчетная модель гибкой мачты с нелинейными свойствами конструкций ([mast.fea](#)).

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

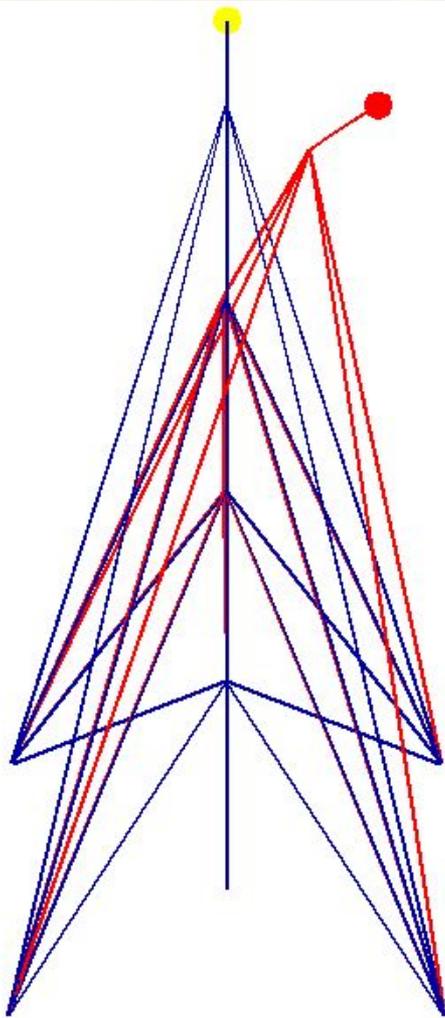
Комбинации Массы Доп. на устойчивость

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

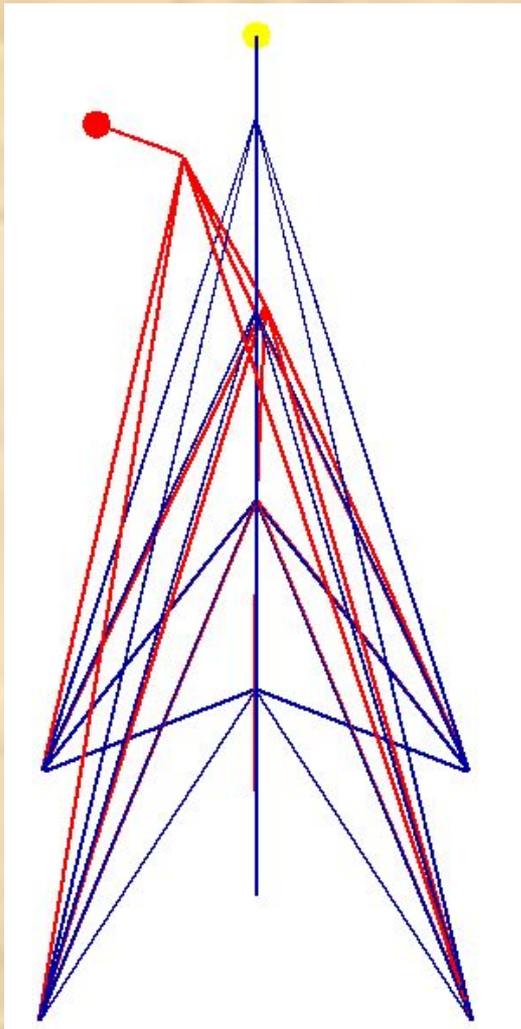
Ветер по оси X

Шаг 3. Выполняем анализ деформированных колебаний.

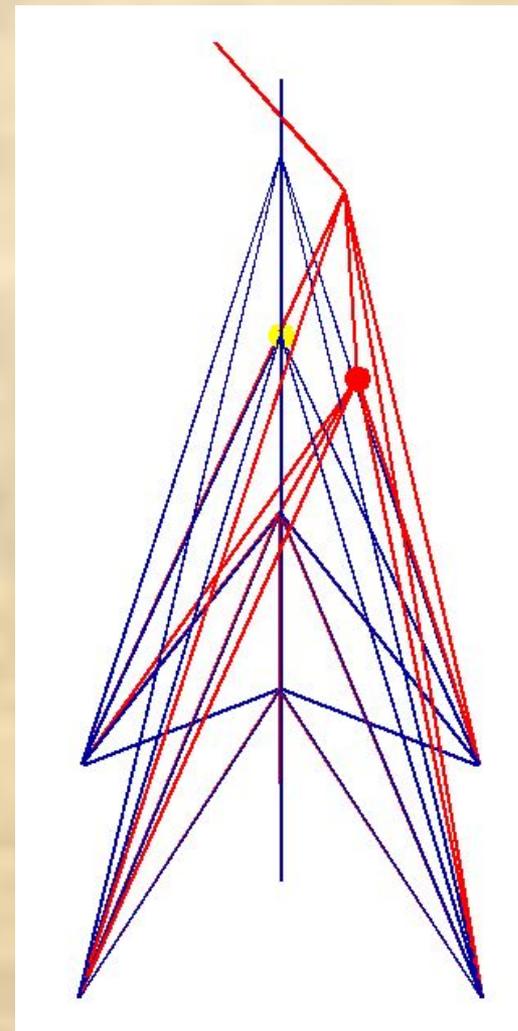
Форма 1



Форма 2



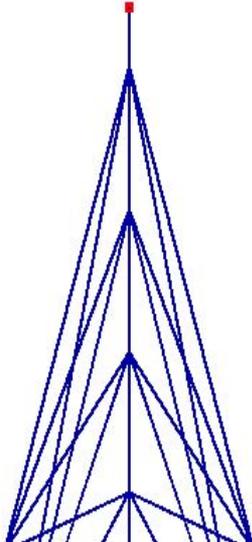
Форма 4



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:

Значение R_0 по оси X:

Значение R_0 по оси Y:

Значение R_0 по оси Z:

Значение H_i по оси X:

Значение H_i по оси Y:

Значение H_i по оси Z:

Кол-во учитываемых форм колебаний (по СНиП):

Задать номера форм

Тип расчёта

Собственные колебания

Деформированные колебания

Номер ветрового района

I а I

II III

IV V

VI VII

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

Точности для ветровых нагрузок

Силы Моменты

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

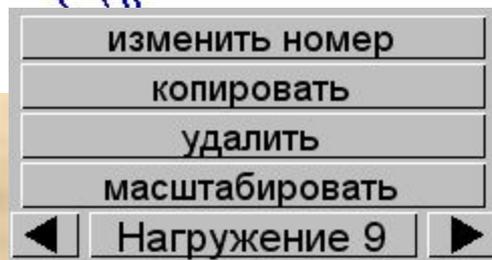
В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м

С - городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м

Контекстное меню:

- изменить номер
- копировать
- удалить
- масштабировать
- Нагружение 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

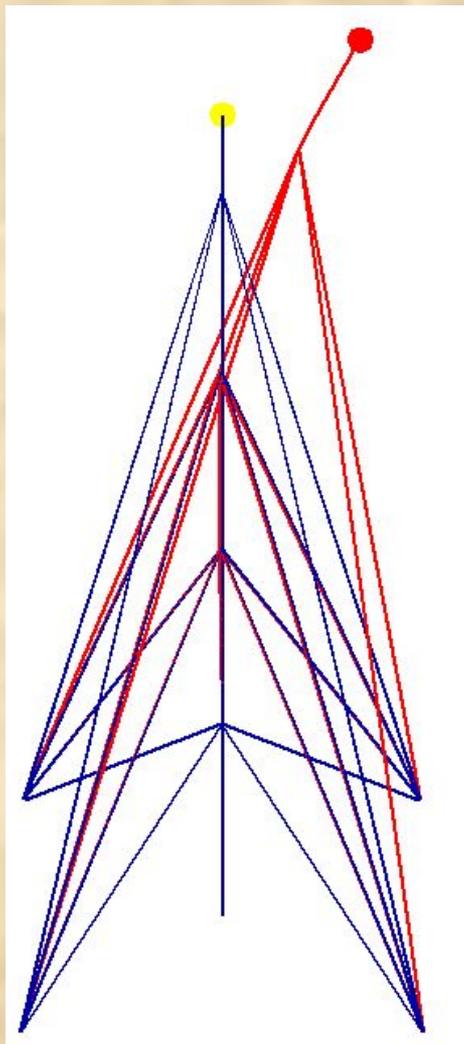
Комбинации Массы Доп. на устойчивость

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

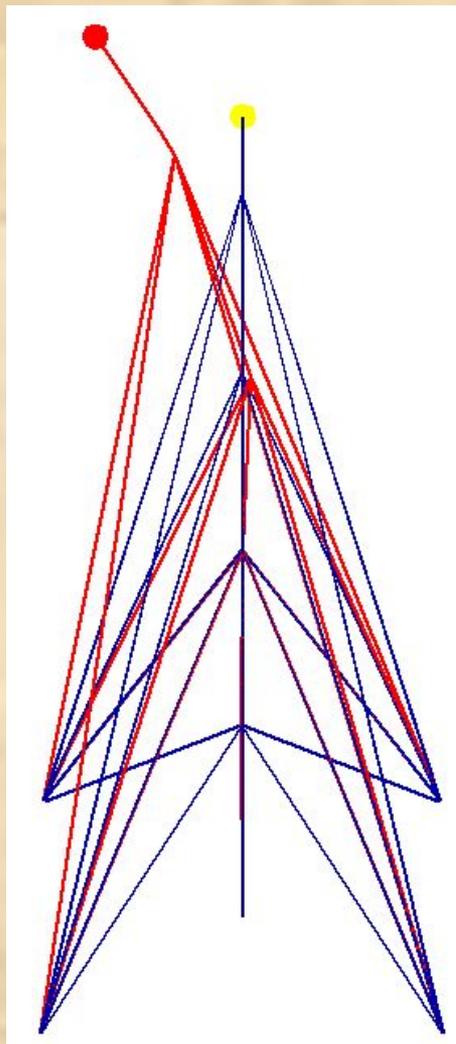
Ветер по оси Y

Шаг 7. Выполняем анализ деформированных колебаний.

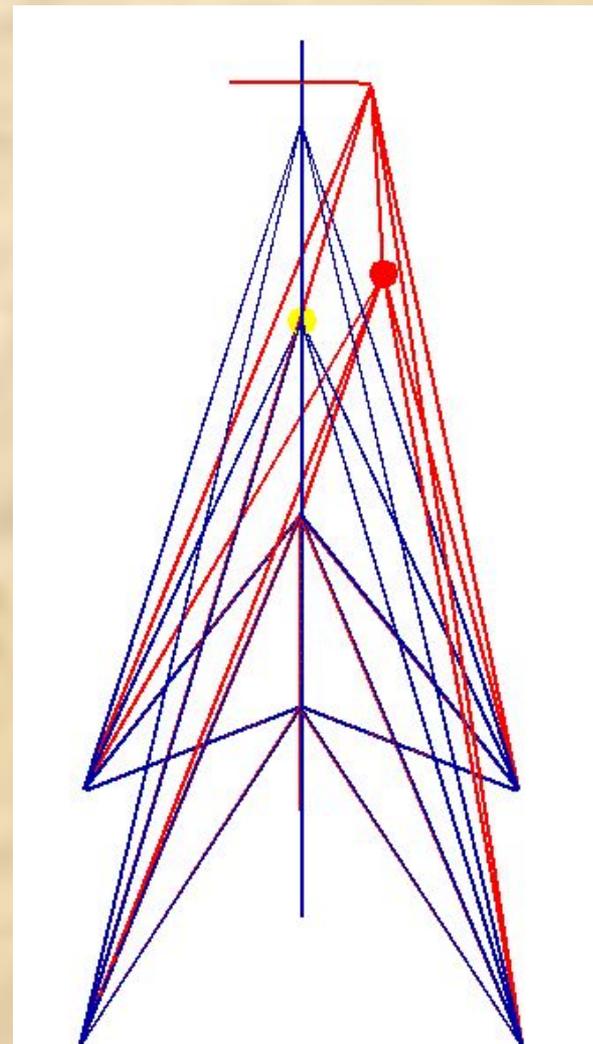
Форма 1



Форма 2



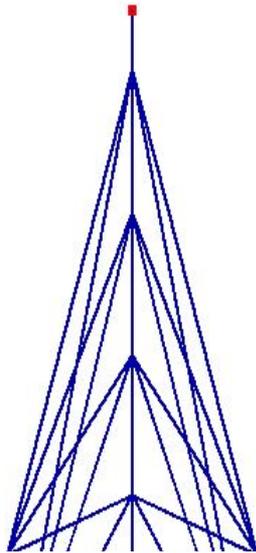
Форма 4



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>

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

- СП 63.13330.2012
- Локальный расчет
- Экспорт в ПРУСК

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

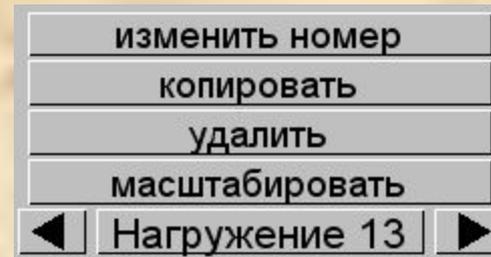
Дополнительные условия

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	

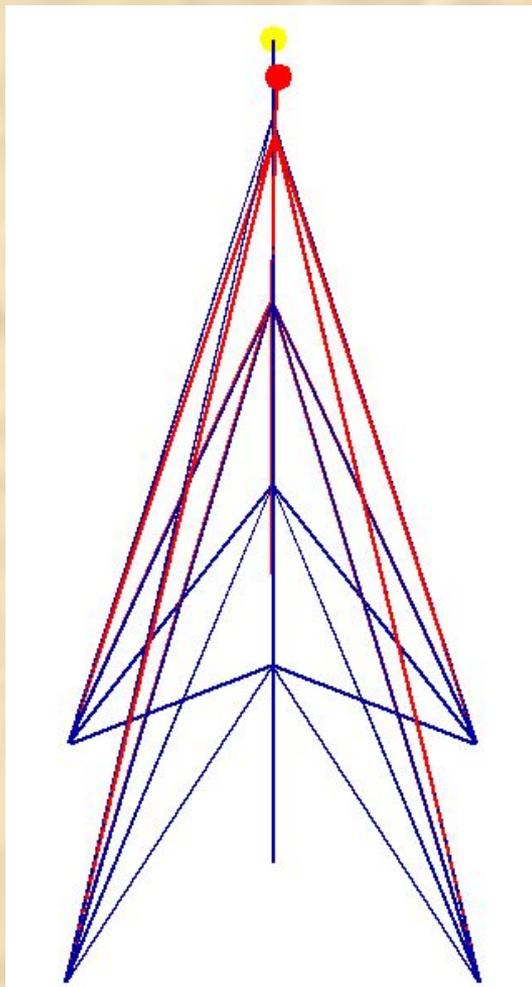
Задание и корректировка комбинаций

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

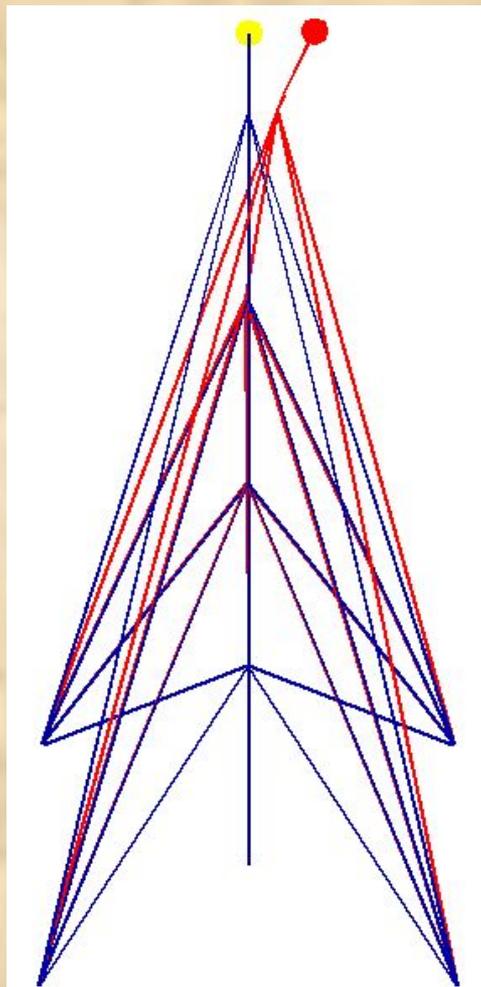
Расчет на сейсмику

Шаг 11. Выполняем анализ деформированных колебаний.

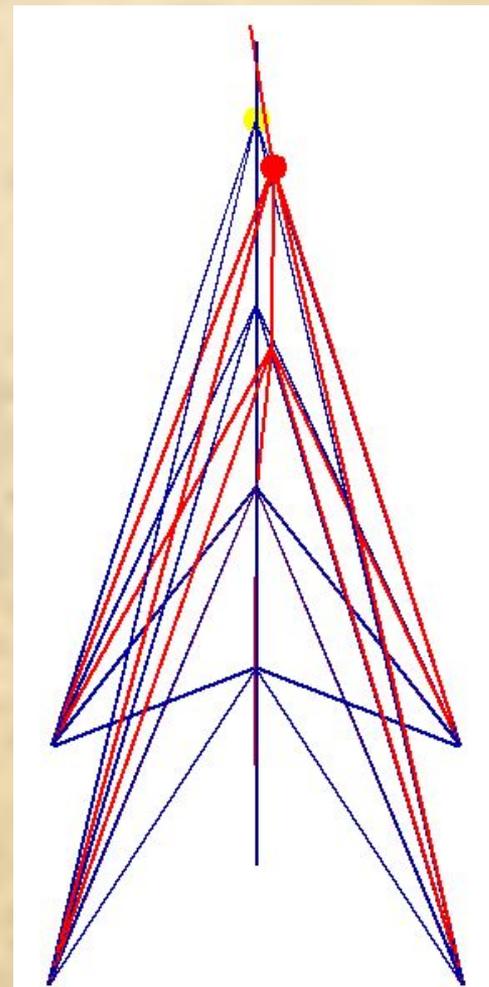
Форма 1



Форма 2



Форма 4

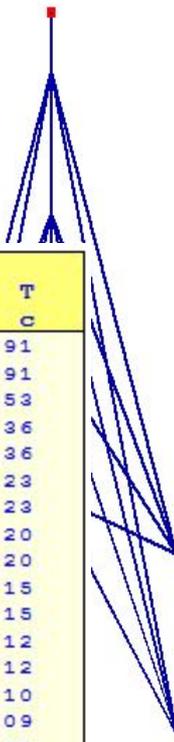


Шаг 12. Выводим и оцениваем периоды и частоты деформированных колебаний мачты.

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

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
- 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

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

The screenshot displays a software application window with a menu bar (Проекты, Растр, Вставка, Полный, Виды, uvw-Задать, Фрагмент, Позиции, Геометрия, Нагрузки, Редактировать, Расчет, Комбинации, Результаты, Настройки) and a toolbar. The main workspace shows a 3D plot of a structure with red arrows indicating vibration directions. A yellow dot marks the origin, and a coordinate system is shown with axes labeled 1, 2, and 3. A dialog box titled "Показать для сеймики ..." is open, containing the following settings:

- Направления форм колебаний
- Опасное направление воздействия
- Координаты начала стрелок:
 - X: 0
 - Y: -15
 - Z: 0
- Масштаб: 1
- Показ включить

Buttons: OK, Отменить, Помощь

On the right side of the interface, there is a control panel with buttons for Zoom, Refr, Word, XY, YZ, XZ, 3D, Анимация, and Формы. Below these are buttons for Einz, Auto, Vox, and Krz. A list of options includes Назад, Таблицы, Графика, and Тип результатов. At the bottom right, the following parameters are displayed:

- Кэф-т
- Система
- Форма 1
- Комбинация 1
- W = 6.928 рад/с
- f = 1.103 Гц
- T = 0.907 с

At the bottom left, the status bar shows: Мах перемещение = 1734.25 мм в узле 7. At the bottom right, the coordinate system is indicated as <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

Точности сейсмических нагрузок ...

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

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	
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
с железобетонным каркасом без вертикальных диафрагм или связей	0.35	с железобетонным каркасом с диафрагмами или связями
с железобетонным каркасом с заполнением из кирпичной или каменной кладки	0.4	из железобетонных объемно-блочных и панельно-блочных конструкций
из деревянных конструкций	0.15	
со стальным каркасом без вертикальных диафрагм или связей	0.25	со стальным каркасом с диафрагмами и связями
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		

Отменить

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 сейсмике

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 ...

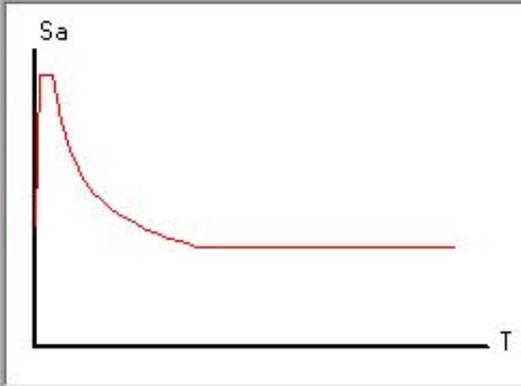
Файлы характеристик
 Загрузка из проекта
 Загрузка стандартов

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

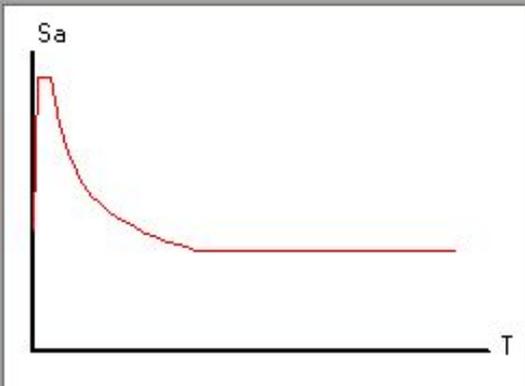
Центр вращения
X: 0 Y: 0 Z: 0
Рассчитать

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

Точность

Количество собственных форм

Точность

Однопоточный расчет

Оптимизация

Закрепление узлов

Задание стандартов ...

Вывод результатов

Усилия

Реакции

Невязки

Проект

Примечание

Исполнитель

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 screenshot displays a software interface for structural analysis. The main window shows a 3D model of a tower structure with a critical load factor $P_{cr} = 1.84501$ highlighted in a red circle. The 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". The right sidebar contains various toolbars and a panel with buttons for "Zoom", "Refr", "Word", "XY", "YZ", "XZ", "3D", "Анимация", "Формы", "Einz", "Auto", "Box", "Krz", "Назад", "Таблицы", "Графика", "Тип результатов", "Козф-т", "Система", "Форма 1", "Комбинация 1", and "Pcr = 1.84501". The bottom status bar indicates "Max перемещение = 210.864 мм в узле 7".

Шаг 23. Производим статический расчет гибкой мачты (геометрическая и конструктивная нелинейность).

Параметры расчёта

Тип расчёта

- Статический расчёт
- Собственные колебания
 - Сейсмический режим Параметры ...
- Устойчивость
- Формирование матриц

Итерационный расчёт

Учёт нелинейности ...

Точность

Количество собственных форм

Диапазон искомых собств. значений

Значение от до

КЭ-модель

Элементы

- Гибридный 1
- Гибридный 2
- Перемещений
- Модификация матриц жесткости для балок-стенок

- Осреднение с весами
- Согласованные нагрузки
- Согласованные массы
- Изменение геометрии для эксцентриситетов

Диагностика

- Проверка точности решения
- Проверка ортогональности
- Расширенная диагностика модели

Вывод результатов

- Графический интерфейс
- Реакции
- Усилия в оболочках
- Напряжения в объемных элементах
- Многопоточный расчёт

Проект

Примечание

Исполнитель

Параметры нелинейного расчёта

- Односторонние элементы типа "трос"
- Односторонние опоры
- Односторонние и нелинейные шарниры
- Геометрическая нелинейность

Учёт конечных вращений для пластин

- всегда
- автоматически

Метод решения

- итерационный Ньютона-Рафсона
- шагово-итерационный
- поиск решений в закритической области

Точность

Количество итераций

Начальный шаг по нагрузке

Выбор типа решателя

- Разреженный
- Фронтальный

Задание и корректировка комбинаций и корректировка комбинаций

Комбинации	Массы					Доп. на устойчивость									
	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	НГ-5	НГ-6	НГ-7	НГ-8	НГ-9	НГ-10	НГ-11	НГ-12	НГ-13	НГ-14	НГ-15
К-1	1	1	1	0.9	0	0.9	0.9	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0
К-2	1	1	1	0	0.9	0	0	0	0	0.9	0.9	0.9	0.9	0	0
К-3	0.9	0.8	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
К-4	0.9	0.8	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
К-5	0.9	0.8	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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 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". A toolbar with various icons is located below the menu bar. On the right side, there is a control panel with buttons for "Zoom", "Refr", "Word", "XY", "YZ", "XZ", "3D", "Einz", "Auto", "Box", "Krz", "Назад", "Таблицы", "Графика", "Тип результатов", "Кэф-т", "Система", "Комбинация 2", and "<X-Y-Z-Координаты>". At the bottom left, a status bar indicates "Max перемещение = 815.832 мм в узле 7".

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

Zoom
Refr
Word
XY YZ XZ 3D
Einz Auto Box Krz
Назад
Таблицы
Графика
Тип результатов
Кэф-т
Система
Комбинация 2
<X-Y-Z-Координаты>

Max перемещение = 815.832 мм в узле 7

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

СП 20.13330.2011

- по комбинациям нагружений

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

Учет вариации/монтажа

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