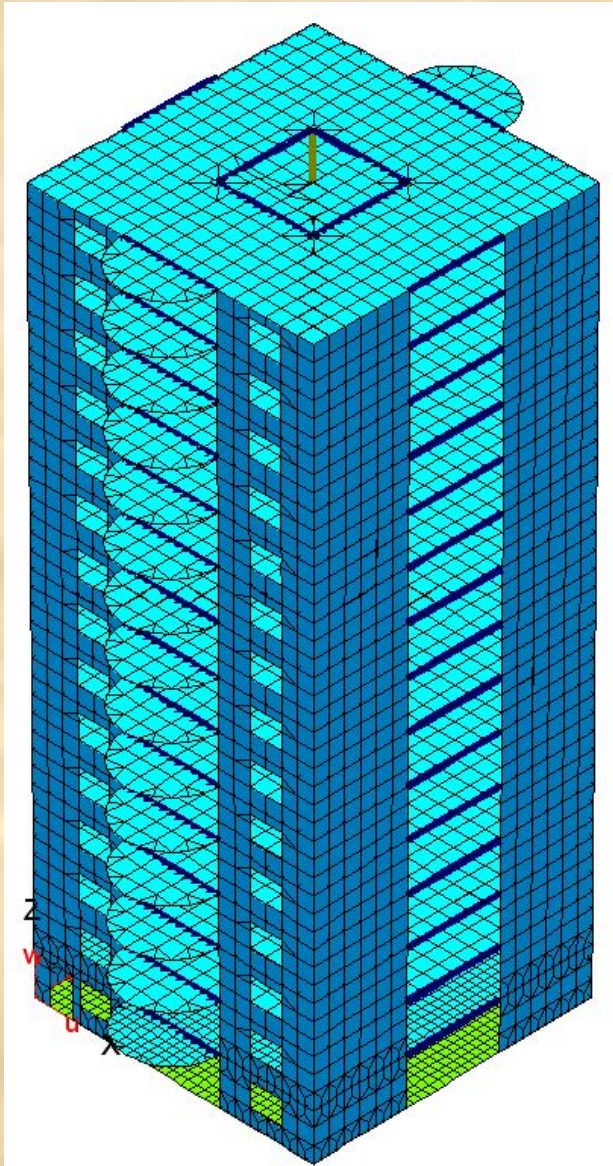


**Расчет на сейсмические  
воздействия  
по методике СП 14.13330.2014**

# Последовательность расчетного обоснования конструктивного решения с учетом динамических воздействий

1. Анализ собственных колебаний конструкции и установление наиболее опасных расчетных направлений и других параметров сейсмических воздействий.
2. Определение максимальных инерционных сил (квазистатических нагрузок) линейно-спектральным методом (в частотной области) для расчетных схем сейсмического воздействия. Сейсмические нагрузки соответствуют уровню ПЗ (проектное землетрясение).
3. Определение усилий в элементах конструкций при действии статических и квазистатических нагрузок.
4. Проектные расчеты (определение количества арматуры, размеров сечений, характеристик материалов) элементов конструкций с рассмотрением неблагоприятных сочетаний статических и квазистатических нагрузок.
5. Оценка и, при необходимости, корректировка принятых конструктивных решений на основе динамического расчета на сейсмические нагрузки, соответствующие уровню МРЗ (максимальное расчетное землетрясение). Расчеты по п. 5.2.б, следует применять для зданий и сооружений, перечисленных в табл. 3 пункт 1-2 СП 14.13330.2014.

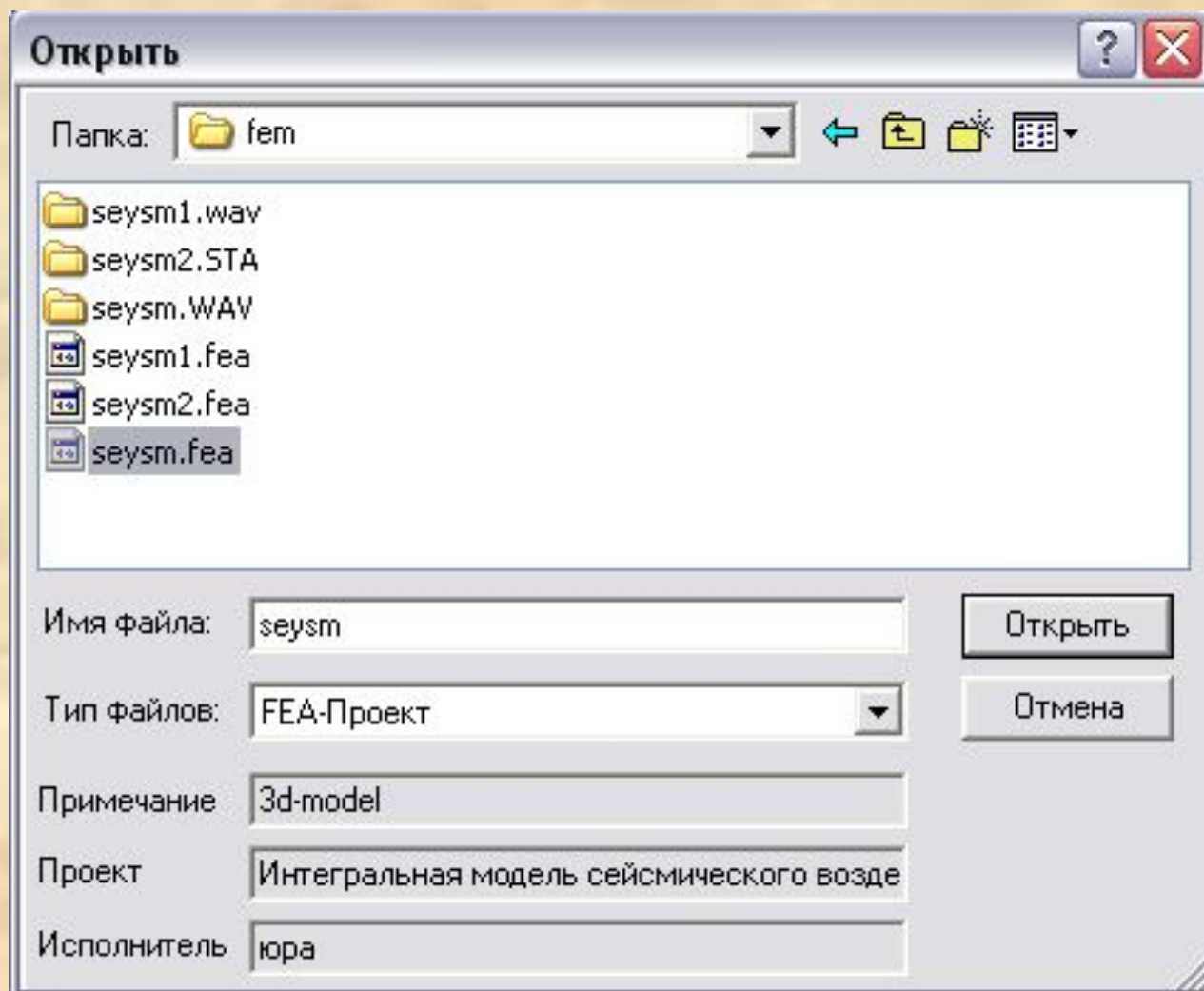
# Упражнение по расчету на сейсмическое воздействие



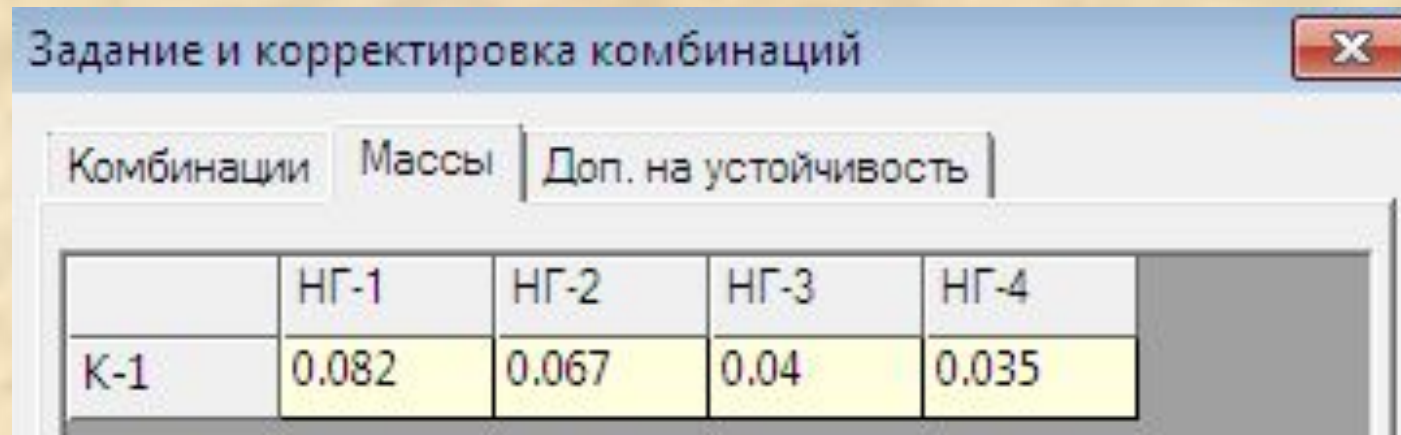
**Имеется** расчетная модель железобетонного каркаса здания с основными расчетными нагрузками (seysm.fea).

**Требуется** выполнить расчет модели здания линейно-спектральным методом на сейсмические воздействия (п.п. 1-4 на предыдущем слайде) согласно положений СП 14.13330.2014.

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



## Шаг 2. Задаем особую комбинацию нормативных масс.



	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4
К-1	0.082	0.067	0.04	0.035

$\rho = 2.5 \times 0.9 = 2.25 \text{ т/м}^3$     0.08/1.2    0.05/1.25    0.05/1.4

Согласно СП 20.13330.2011 п. 4.3. и СП 14.13330.2014 табл. 2 для задания нормативных масс используем коэффициенты для нагрузений, равные отношению  $K_c/K_n$  (к-тов сочетания для особого сейсмического нагружения и надежности по нагрузке).

# Шаг 3. Определяем формы и частоты собственных колебаний модели.

Параметры расчёта

Тип расчета

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

Итерационный расчет

Учёт нелинейности ...

Точность: 1e-006

Количество собственных форм: 10

Диапазон искомым собств. значений: Более Гц

Значение от: 0.00 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

Выход результатов

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

Диагностика

- Проверка точности решения
- Проверка ортогональности
- Расширенная диагностика модели

Проект: 3d-model

Примечание: Интегральная модель сейсмического воздействия

Исполнитель: юра

OK Отменить

Параметры сейсмического режима

Требуемая сумма модальных масс [%]:

Минимальный порог [%]:

Поступательное воздействие

	Требуемая сумма [%]	Минимальный порог [%]
X	90.00	1.00
Y	90.00	1.00
Z	75.00	1.00

Учёт вращательного воздействия

Вращательное воздействие

	Требуемая сумма [%]	Минимальный порог [%]
RX	60.00	1.00
RY	60.00	1.00
RZ	60.00	1.00

Уровень основания: 0.00 м

- формирование остаточных псевдоформ
- модифицированная теория

OK Отменить

Выбор типа решателя

- Разреженный
- Фронтальный

OK Отменить

Настройки ?

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ
- Панели инструментов

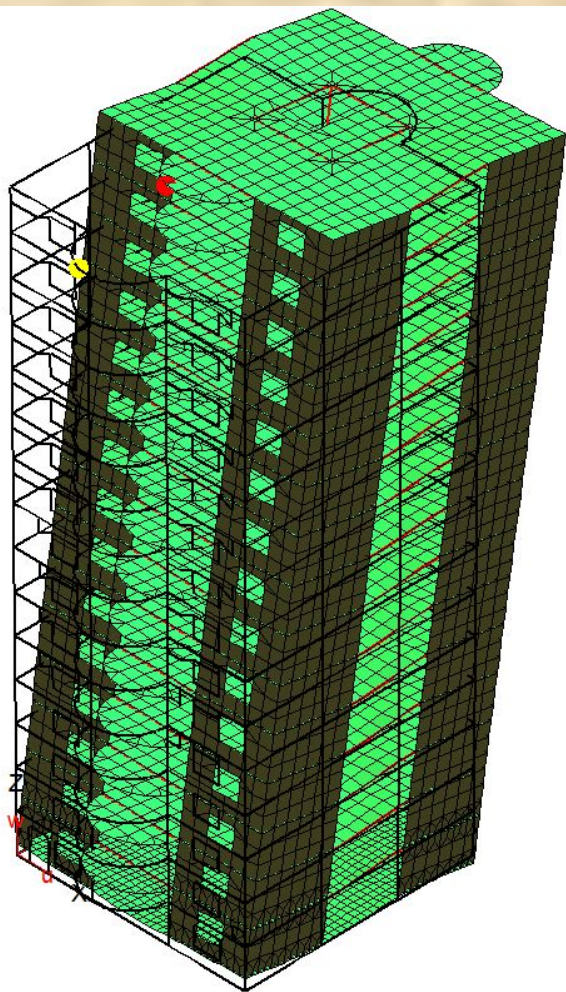
При динамических характеристиках грунта ( $C=50000 \text{ кН/м}^3$ )  
Собственный вес фундаментной плиты равен нулю ( $R_{ho}=0 \text{ кН/м}^3$ )

В протоколе указываются те формы колебаний, которые будут учитываться в последующем расчете, а также остаточные псевдоформы, с указанием процента модальных масс.

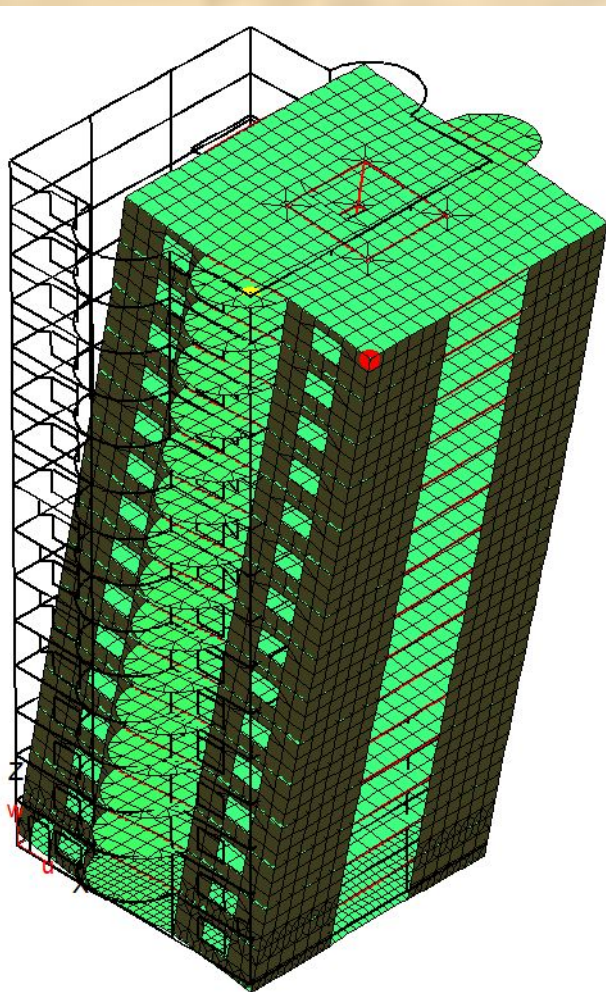
форма	Собственное значение, Гц	Mx, %	My, %	Mz, %	Отобрано
1	0.850037	1.27	72.41	0.00	да
2	0.860152	73.06	1.24	0.00	да
3	1.88484	0.01	0.00	0.00	нет
4	4.40697	13.38	0.29	0.03	да
5	4.55034	0.28	13.62	0.72	да
6	4.87792	0.00	0.10	84.62	да
7	6.79072	0.00	0.02	0.09	нет
8	6.84671	0.00	0.00	8.16	да
9	7.01178	0.01	0.00	1.07	да
10	7.96432	0.05	0.00	0.00	нет
Сумма модальных масс, %					
	Кол-во собств. значений	Mx	My	Mz	
Найдено	10	88.04	87.68	94.69	
Отобрано	7	87.99	87.67	94.60	
Исключено	3	0.05	0.02	0.09	
Операция сдвига на 0 Гц.					
Кол-во собств. значений слева от 0 Гц			: 0		
форма	Собственное значение, Гц	Mx, %	My, %	Mz, %	Доп. учтено
***	10.3946	6.56	0.00	0.00	да
***	11.2698	0.00	6.67	0.00	да
***	11.8573	0.01	0.00	3.72	да
Сумма модальных масс, %					
	Кол-во собств. значений	Mx	My	Mz	
Найдено	10	88.04	87.68	94.69	
Отобрано	7	87.99	87.67	94.60	
Исключено	3	0.05	0.02	0.09	
Доп. учтено	3	6.57	6.67	3.72	
Всего учтено	10	94.56	94.34	98.32	

## Шаг 4. Выполняем анализ отобранных форм колебаний.

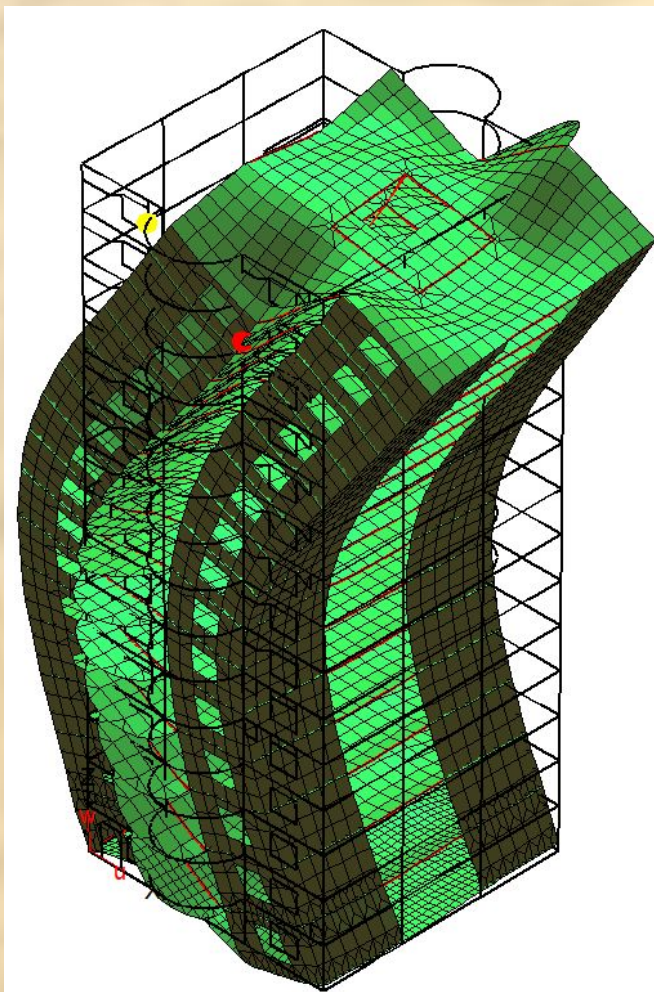
Форма 1



Форма 2



Форма 3





# Шаг 5. Выводим и оцениваем периоды и частоты отобранных собственных форм колебания здания.

The screenshot displays a software interface for structural analysis. On the left, a table lists the first 10 natural frequencies. In the center, a 3D wireframe model of a building is shown with a grid overlay. On the right, a dialog box titled 'Вывести в Word/Viewer' is open, allowing the user to select which information to output. The 'Viewer' option is selected, and the 'Создать новый документ' checkbox is unchecked. The 'Вывести' button is highlighted by the mouse cursor.

Форма	$\omega$ рад/с	$f$ Гц	$T$ с
1	5.34	0.85	1.18
2	5.40	0.86	1.16
3	27.69	4.41	0.23
4	28.59	4.55	0.22
5	30.65	4.88	0.21
6	43.02	6.85	0.15
7	44.06	7.01	0.14
8	65.31	10.39	0.10
9	70.81	11.27	0.09
10	74.50	11.86	0.08

Вывести в Word/Viewer

Выбор информации для вывода

- Вывести всё
- Отмеченное в графическом окне
- Выбрать по номеру [ узла/элемента ]

Введите номера или границы узлов (э элементов) для показа через запятую, без пробелов. Например, 1, 5 - 12, 17

Вывести в

- Viewer
- Word

Создать новый документ

OK Отменить Помощь

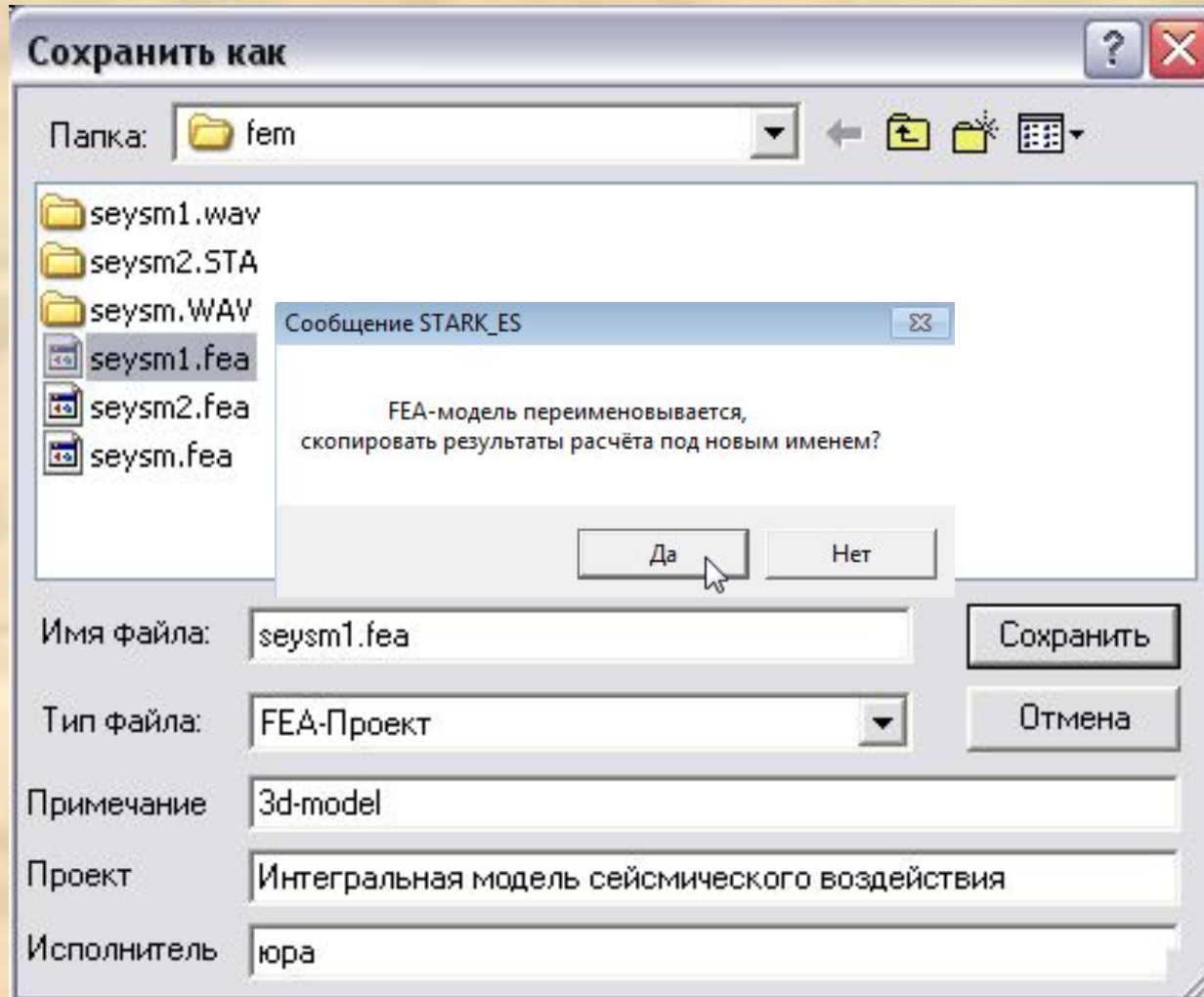
Назад  
Таблицы  
Графика  
Тип результатов

Отметить  
Отменить  
Вывести

Отметьте узлы, которые нужно включить в группу

<X-Y-Z-Координаты>

## Шаг 6. Сохраняем расчетную модель под новым именем **seysm1.fea**.



# Выбор опасных направлений воздействия

## Рекомендуется рассмотреть:

- направления, соответствующие ориентации основных форм собственных колебаний сооружения; как правило, необходимо рассмотреть два ортогональных направления горизонтального воздействия и вертикальное сейсмическое воздействие, если оно должно быть учтено согласно указаниям норм (см., например, п. 5.4 СП 14.13330.2014);
- направление, при котором реализуется максимум динамической реакции сооружения при учете необходимого числа первых собственных форм;
- направление, соответствующее наиболее вероятному для данной местности местоположению очага возможного землетрясения относительно рассматриваемого здания.

# Шаг 7. 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
- 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

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 <sup>2</sup> ]
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
11510	10613	3	10 да

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

Количество собств. форм	Угол с осью OX	Угол с плоскостью XOY
10	133.860	0.090

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

Направление	Форма	OX	OY	OZ
1	форма 1	-0.017	0.999	0.000
2	форма 2	0.999	0.017	0.000
3	форма 3	-0.999	0.021	-0.002
4	форма 4	0.020	0.998	-0.053
5	форма 5	0.000	0.001	0.999
6	форма 6	0.000	0.000	-1.000
7	форма 7	0.008	0.000	0.999
8	форма 8	1.000	0.000	0.000
9	форма 9	0.000	1.000	0.000
10	форма 10	0.002	0.000	0.999
	<b>bad dir</b>	<b>-0.693</b>	<b>0.721</b>	<b>0.002</b>

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	1.1760	72.73	67.15
	2	1.1630	0.93	0.86
	3	0.2270	0.36	0.57
	4	0.2200	13.55	21.43
	5	0.2050	0.10	0.16
	6	0.1460	0.00	0.00
	7	0.1430	0.00	0.00
	8	0.0960	0.00	0.00
	9	0.0890	6.67	9.83
	10	0.0840	0.00	0.00
			Сумма = 94.34	100.00
2	1	1.1760	0.96	0.88
	2	1.1630	73.36	67.61
	3	0.2270	13.31	20.87
	4	0.2200	0.35	0.55
	5	0.2050	0.00	0.00
	6	0.1460	0.00	0.00
	7	0.1430	0.01	0.02
	8	0.0960	6.56	10.05
	9	0.0890	0.00	0.00
	10	0.0840	0.01	0.01
			Сумма = 94.34	100.00
bad dir	1	1.1760	47.82	44.00
	2	1.1630	26.20	24.26
	3	0.2270	8.53	13.44
	4	0.2200	5.27	8.30
	5	0.2050	0.07	0.11
	6	0.1460	0.00	0.00
	7	0.1430	0.00	0.00
	8	0.0960	3.11	4.79
	9	0.0890	3.47	5.10
	10	0.0840	0.00	0.00
			Сумма = 94.47	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 ?

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

Назад Таблицы Графика Тип результатов

Коэф. Сист. Frame Ver Iso Fl S W Ux Uy Uz Rx Ry Rz Rtot Utot Форма 1

W = 5.341 рад/с  
f = 0.85 Гц  
T = 1.176 с

Max перемещение = 22.6714 мм в узле 8599

<X-Y-Z-Координаты>

**Показать для сеймики ...**

- Направления форм колебаний
- Опасное направление воздействия

Координаты начала стрелок: X 0 Y -10 Z 0 Масштаб 1  Показ включить

OK Отменить Помощь



## Шаг 8. 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 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

# 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 <sup>2</sup> ]
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: 0.5  
Количество исследуемых собственных значений: 10  
Номер спектра: 1

Задать формы:  1,4,9

Направление сейсм. воздействия

Задать углами  
 Задать направляющими косинусами

Направляющие косинусы воздействия: -0.017 1 0

Расчет интенсивности сейсмического воздействия

Нормы: СП 14.13330.2014

Интенсивность сейсмического воздействия: 0.5000 м/с<sup>2</sup>

Сейсмичность площадки(табл.1): 8

K0 (табл.3): 1.0

K1 (табл.4): 0.25

Kpsi (табл.5): 1.0

Категория грунта: I

Настройки ?

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ
- Панели инструментов

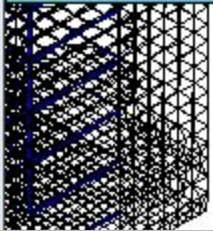
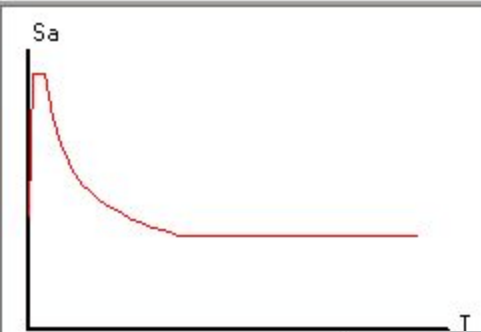
Выбор норм проектирования

актуализированные 2011-2014 гг  
 до актуализации 2011-2014 гг

Коэффициент к граничной высоте сжатой зоны бетона при особых сочетаниях нагрузок: 0.70

изменить номер  
копировать  
удалить  
масштабировать  
Нагружение 7  
Узловых нагрузок = 9148

График



В результате получаем 3 новых нагружения (НГ5...НГ7)

# 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. 4 СП 14.13330.2014

Тип здания или сооружения	Значение K1	Примечания	
1. Здания и сооружения, в конструкциях которых повреждения или неупругие деформации не допускаются	1.0	1. Отнесение зданий и сооружений к 1-ому типу проводится заказчиком по представлению генпроектировщика. 2. При выполнении расчёта деформаций конструкций при сейсмическом воздействии в частотной области коэффициент K1 = 1.0	
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:			
со стенами 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
то же, 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 наличии мероприятий, обеспечивающих безопасность людей (объекты пониженного уровня ответственности)			0.12

Отменить

# Программа автоматически выбирает формы колебаний с максимальным вкладом по первому опасному направлению сейсмического воздействия

Выбор форм ✕

Вклад не менее  %

Косинусы Доступные (отобранные) формы

Направление	OX	OY	OZ	Кол-во	Tmax, с	Tmin, с	Сумма мод. ма...
1	-0.017	1.000	0.000	10 (3)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.34 (92.95)
2	1.000	0.017	-0.000	10 (3)	1.176 (1.163)	0.084 (0.096)	94.56 (93.23)
3	-1.000	0.021	-0.002	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.096)	94.57 (94.35)
4	0.020	0.998	-0.053	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.36 (94.08)
5	-0.000	0.001	1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.58)
6	0.000	-0.000	-1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.57)
7	0.008	0.000	1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.57)
8	1.000	0.000	-0.000	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.096)	94.56 (94.26)
9	-0.000	1.000	-0.000	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.33 (93.94)
10	0.002	0.000	1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.57)
11*	-0.693	0.721	0.002	10 (6)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.47 (94.40)

Выбор направления осуществляется левой кнопкой мыши

# Шаг 9. 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 <sup>2</sup> ]
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: 0.5  
Количество исследуемых собственных значений: 10  
Номер спектра: 1  
 Задать формы: 2,3,8

**Направление сейсм. воздействия**  
 Задать углами  
 Задать направляющими косинусами

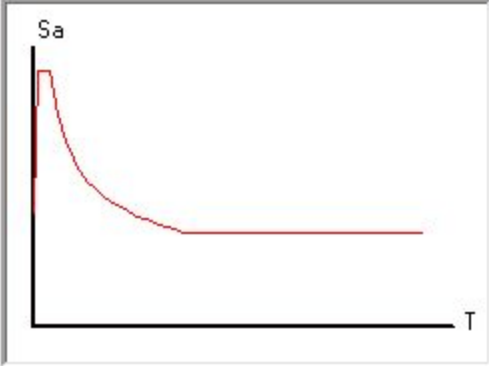
**Направляющие косинусы воздействия**  
1: 0.017, -0

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

Точности сейсмических нагрузок ...

**Файлы характеристик**  
 Загрузка из проекта  
 Загрузка стандартов  
Запись

График



Настройки ?

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ**
- Панели инструментов

Выбор норм проектирования

актуализированные 2011-2014 гг. OK  
 до актуализации 2011-2014 гг. Отменить

Коэффициент к граничной высоте скатой зоны бетона при особых сочетаниях нагрузок: 0.70

изменить номер  
копировать  
удалить  
масштабировать  
◀ Нагружение 10 ▶  
Узловых нагрузок = 9137

В результате получаем 3 новых нагружения (НГ8...НГ10)

# Программа автоматически выбирает формы колебаний с максимальным вкладом по второму опасному направлению сейсмического воздействия

Выбор форм

Вклад не менее  %

Направление	Косинусы			Доступные (отобранные) формы			
	OX	OY	OZ	Кол-во	Tmax, с	Tmin, с	Сумма мод. ма...
1	-0.017	1.000	0.000	10 (3)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.34 (92.95)
2	1.000	0.017	-0.000	10 (3)	1.176 (1.163)	0.084 (0.096)	94.56 (93.23)
3	-1.000	0.021	-0.002	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.096)	94.57 (94.35)
4	0.020	0.998	-0.053	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.36 (94.08)
5	-0.000	0.001	1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.58)
6	0.000	-0.000	-1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.57)
7	0.008	0.000	1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.57)
8	1.000	0.000	-0.000	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.096)	94.56 (94.26)
9	-0.000	1.000	-0.000	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.33 (93.94)
10	0.002	0.000	1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.57)
11*	-0.693	0.721	0.002	10 (6)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.47 (94.40)

Выбор направления осуществляется левой кнопкой мыши

# Шаг 10. 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 <sup>2</sup> ]
1	0	1
2	0.1	2.5
3	0.4	2.5
4	0.6	2.04124
5	0.9	1.76777

Центр вращения

X: 0 Y: 0 Z: 0

Точности сейсмических нагрузок ...

Файлы характеристик

Загрузка из проекта  
 Загрузка стандартов

Побуждения

Количество побуждений: 1  
Номер тек. побуждения: 1  
Амплитуда: 0.5  
Количество исследуемых собственных значений: 10  
Номер спектра: 1

Задать формы: 1,2,3,4,8,9

Направление сейсм. воздействия

Задать углами  
 Задать направляющими косинусами

Направляющие косинусы воздействия: -0.693 0.721 0.002

График

Настройки ?

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ
- Панели инструментов

Выбор норм проектирования

актуализированные 2011-2014 гг.  
 до актуализации 2011-2014 гг.

Кoeffициент к граничной высоте скатой зоны бетона при особых сочетаниях нагрузок: 0.70

OK Отменить

изменить номер

копировать

удалить

масштабировать

◀ Нагружение 16 ▶

Узловых нагрузок = 9095

В результате получаем 6 новых нагружений (НГ11...НГ16)

# Программа автоматически выбирает формы колебаний с максимальным вкладом по наихудшему направлению сейсмического воздействия

Выбор форм

Вклад не менее  %

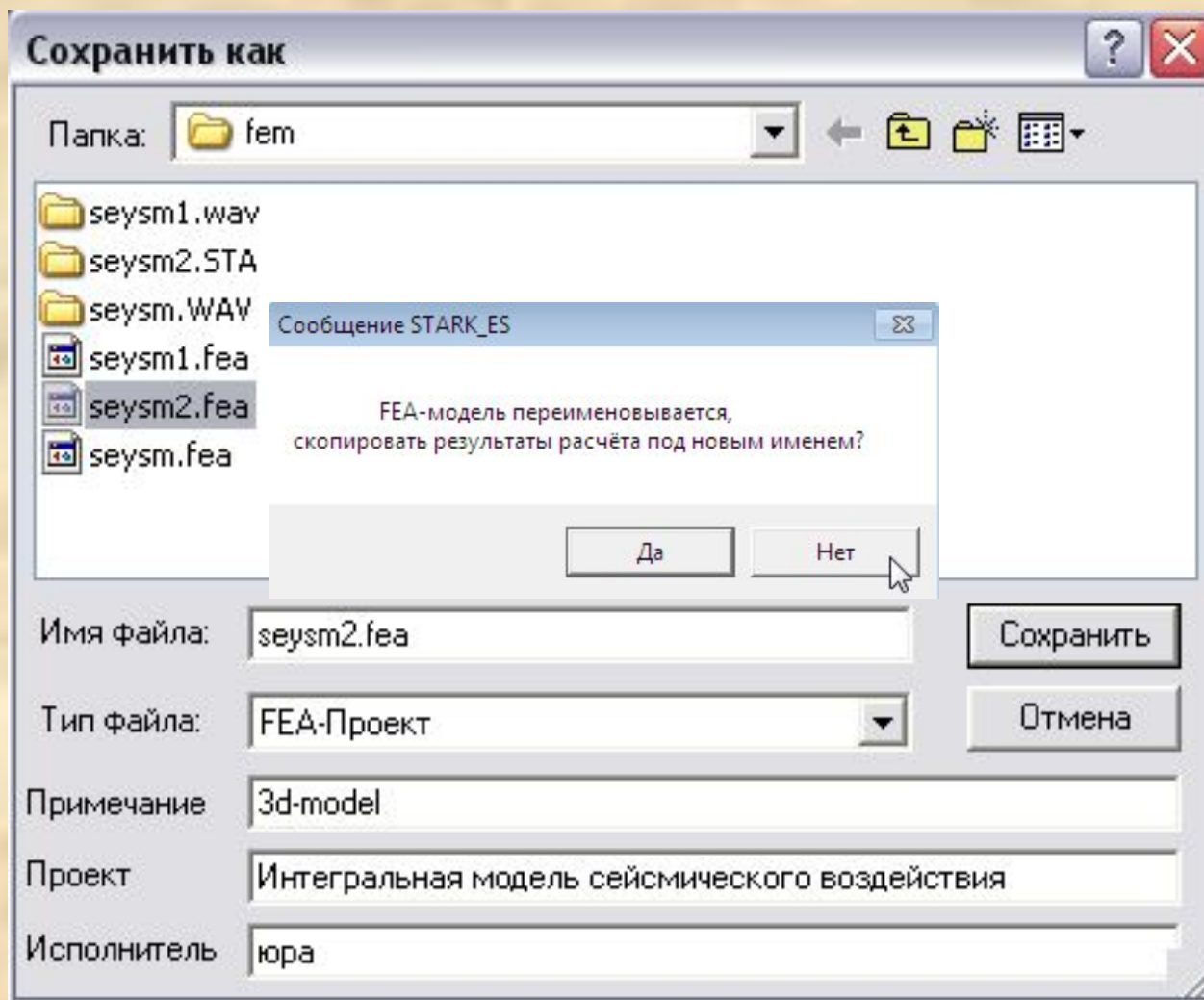
Направление	Косинусы			Доступные (отобранные) формы			
	OX	OY	OZ	Кол-во	Tmax, с	Tmin, с	Сумма мод. ма...
1	-0.017	1.000	0.000	10 (3)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.34 (92.95)
2	1.000	0.017	-0.000	10 (3)	1.176 (1.163)	0.084 (0.096)	94.56 (93.23)
3	-1.000	0.021	-0.002	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.096)	94.57 (94.35)
4	0.020	0.998	-0.053	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.36 (94.08)
5	-0.000	0.001	1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.58)
6	0.000	-0.000	-1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.57)
7	0.008	0.000	1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.57)
8	1.000	0.000	-0.000	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.096)	94.56 (94.26)
9	-0.000	1.000	-0.000	10 (4)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.33 (93.94)
10	0.002	0.000	1.000	10 (4)	1.176 (0.205)	0.084 (0.084)	98.32 (97.57)
11*	-0.693	0.721	0.002	10 (6)	1.176 (1.176)	0.084 (0.089)	94.47 (94.40)

Выбор направления осуществляется левой кнопкой мыши

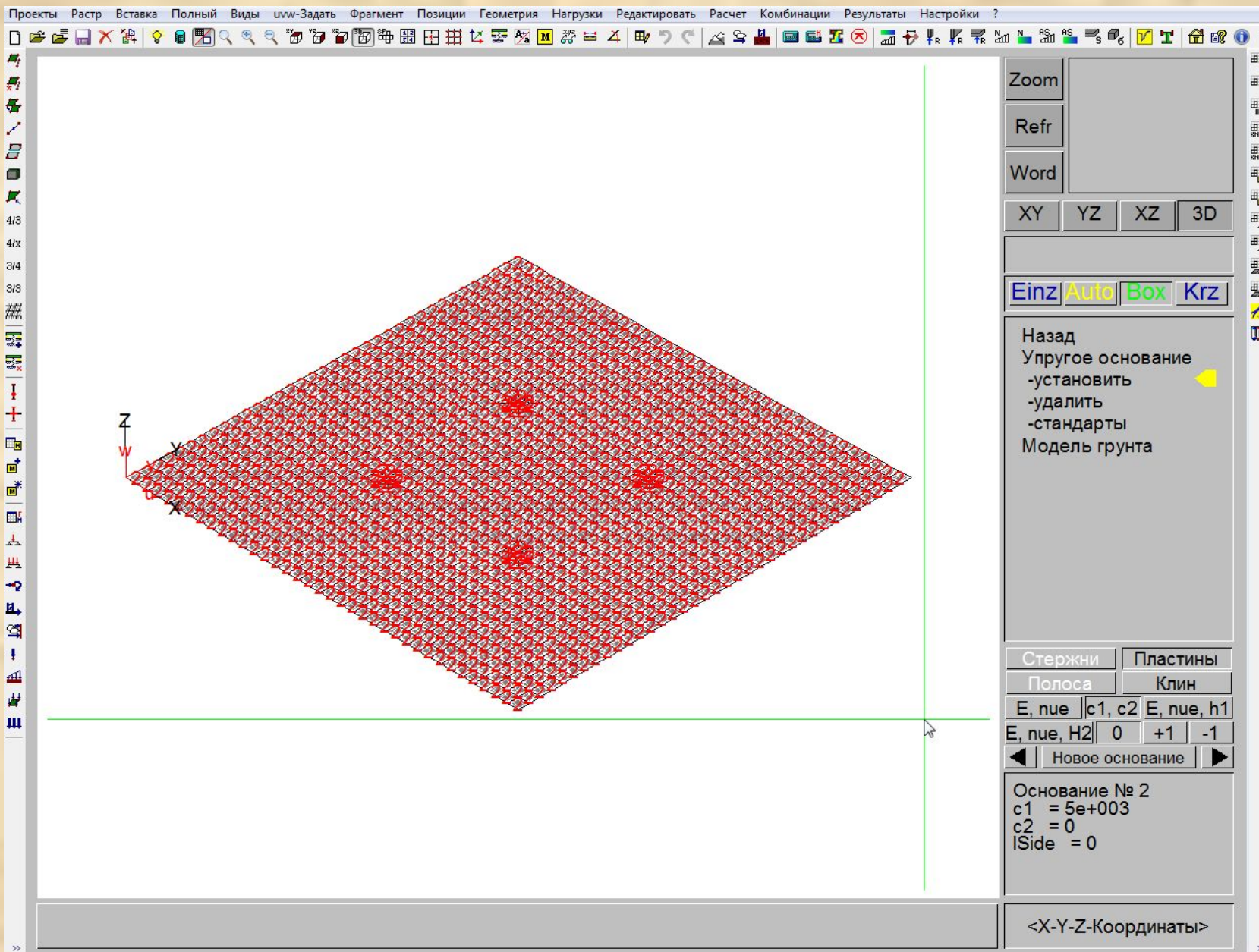


<b>Направление воздействия</b>	<b>Номера форм колебаний</b>	<b>Номера нагружений</b>
Первое направление (по оси Y)	1, 4, 9	5-7
Второе направление (по оси X)	2-3, 8	8-10
Наихудшее (опасное) направление	1-4, 8-9	11-16

# Шаг 11. Сохраняем расчетную модель под новым именем `seysm2.fea`.



# Шаг 12. Выделяем фундаментную плиту и задаем статические характеристики грунта ( $C=5000 \text{ кН/м}^3$ ).



The screenshot displays a software interface for defining a foundation slab and its soil characteristics. The main workspace shows a 3D perspective view of a red grid representing the foundation slab, positioned on a horizontal plane. A coordinate system with X, Y, and Z axes is visible. 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'. A toolbar with various icons is located below the menu bar. On the right side, there is a control panel with several sections:

- Zoom**: A large empty box for zooming.
- Refr**: A button for refractive index.
- Word**: A button for text input.
- XY YZ XZ 3D**: Buttons for selecting different view planes.
- Einz Auto Box Krz**: Buttons for different modeling modes.
- Назад**: A button to go back.
- Упругое основание**: A section for defining elastic foundation characteristics, with sub-options:
  - установить (highlighted with a yellow arrow)
  - удалить
  - стандарты
  - Модель грунта
- Стержни** and **Пластины**: Buttons for defining column and plate models.
- Полоса** and **Клин**: Buttons for defining strip and wedge models.
- E, nue | c1, c2 E, nue, h1**: Input fields for material and geometric parameters.
- E, nue, H2 | 0 +1 -1**: Input fields for additional parameters.
- Новое основание**: A button to create a new foundation.
- Основание № 2**: A section showing the current foundation parameters:
  - $c1 = 5e+003$
  - $c2 = 0$
  - $ISide = 0$
- <X-Y-Z-Координаты>**: A button to define the coordinate system.

# Шаг 13. Возвращаем расчетный собственный вес железобетонных конструкций сооружения ( $R_{ho}=2.75 \text{ т/м}^3$ ).

Имена материалов

Ортотропный(пластины)		Бетон	
Арматурный слой		Слоистый	
3D - стержень	Ребро	Трос	Изотропный

Номер мат. 1

A 0.25 G 1.25e+007

As 0.2153 Rho 2.75

At 0.2153

Ir 0.00879167

Is 0.00520833

It 0.00520833

E 3e+007

Ссылка 60

Имена материалов

Ортотропный(пластины)		Бетон	
Арматурный слой		Слоистый	
3D - стержень	Ребро	Трос	Изотропный

Номер мат. 5

H 1

E 3e+007

Mue 0.2

Rho 2.75 Ссылка 1328

# Шаг 14. Производим статический расчет здания.

Параметры расчёта

Тип расчета

- Статический расчет
- Собственные колебания
  - Сейсмический режим
- Устойчивость
- Формирование матриц

Итерационный расчет

Учёт нелинейности ... Нет

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

Вывод результатов

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

Многопоточный расчёт

Проект: 3d-model

Примечание: Интегральная модель сейсмического воздействия

Исполнитель: Юрий

OK Отменить Помощь

Настройки ?

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ
- Панели инструментов

Выбор типа решателя

- Разреженный
- Фронтальный

OK Отменить

# Шаг 15. 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

- СП 20.13330.2011
- по комбинациям нагружений

СП 63.13330.2012

- СП 63.13330.2012
- Локальный расчет
- Экспорт в ПРУСК

OK Отменить Помощь

**Настройки ?**

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ**
- Панели инструментов

**Выбор норм проектирования**

- актуализированные 2011-2014 гг
- до актуализации 2011-2014 гг

Коэффициент к граничной высоте сжатой зоны бетона при особых сочетаниях нагрузок

0.70

OK Отменить

# Описываем исходные данные для расчетных сочетаний усилий (в STARK ES 2015 данные сейсмических и ветровых воздействий заполняются автоматически)

### Сейсмика и пульсации ветра

Сейсмические воздействия

1-е нагружение	Число форм	Метод	NFC
5	3	1	0
8	3	1	0
11	6	1	0

Очистить    Удалить

Ветровые воздействия

Стат.нагруж.	1-е дин.нагр.	Число форм	Метод	NFC
--------------	---------------	------------	-------	-----

Очистить    Удалить

Демпфирование

Нагружение	Демпфир. %
1	5.00
2	5.00
3	5.00
4	5.00

ПРИМЕЧАНИЯ.  
Метод суммирования:  
1 - СНиП, 2 - СЭС, 3 - КМК.  
NFC: 0 - если динамические нагрузки были получены на основе расчета на собственные колебания или номер соответствующей комбинации для 'деформированных' колебаний

OK    Отменить    Помощь

### Определение расчетных сочетаний усилий

Табличная форма ...    OK

Сейсмика и ветер ...    Отменить

Помощь

Характеристики воздействий

Воздействие: 4

Комментарий: Снеговая нагрузка

Нагружение в КЭ-модели: 4

Тип: кратковременное

Источник: снеговое

Группа крана

Знакопеременное  Кн: 1.4

Определить Кн и Кд...    Кд: 0.7

Вывести в ...

Word     Viewer     CSV

Задать Gamma\_n...    Стандарты ...    Расчет    Результат

### Козфф. надежности по ответственности

Основные расчетные сочетания: 1

Основные нормативные сочетания: 1

Особые сочетания: 1

OK    Отменить

### Несочетаемые воздействия

Номера групп	Воздействия
1	5, 6, 7

0

Добавить    Удалить    Добавить    Удалить

OK    Отменить    Помощь

# Задаем и редактируем исходные данные для расчетных сочетаний усилий в табличной форме

Задание РСУ

Сортировать

Сохранить

Воздействия | Сейсмика и Ветер

	Воздействие	Нагрузки	Тип воздействия	Кн	Кд	+/-	Сейсмика	Ветер	Группы несочетаемых	Группы сопутствующих
▶	1	1	Постоянное	1.1	-	<input type="checkbox"/>				
	2	2	Длительное	1.2	-	<input type="checkbox"/>				
	3	3	Кратковр. прочее	1.25	0.35	<input type="checkbox"/>				
	4	4	Кратковр. снеговое	1.4	0.7	<input type="checkbox"/>				
	5	5-7	Особое сейсмическое	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	5:3:1:0		1	
	6	8-10	Особое сейсмическое	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	8:3:1:0		1	
	7	11-16	Особое сейсмическое	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	11:6:1:0		1	

Задание РСУ

Сортировать

Сохранить

Воздействия | Сейсмика и Ветер

Сейсмика

Демпфирование

	Воздействие	Первое нагружение	Число форм	Метод	NFC	Нагружение	Демпфирование, %
▶	5	5	3	СНиП	0		
	6	8	3	СНиП	0		
	7	11	6	СНиП	0		



# Шаг 16. Производим конструктивные расчеты (определяем армирование конструкций здания).

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 ПРЧСК

- 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

Учет вариации/монтажа

OK Отменить Помощь

Настройки ?

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ
- Панели инструментов

Выбор норм проектирования

- актуализированные 2011-2014 гг
- до актуализации 2011-2014 гг

OK Отменить

Коэффициент к граничной высоте сжатой зоны бетона при особых сочетаниях нагрузок

0.70

# Задаем исходные данные для определения армирования

**Определение арматуры в стержнях**

Проект : seysm2 (3D-стержни)

Данные по группам элементов

Группа 1

Добавить Сечение  
Изменить Арматура  
Удалить Защитный слой  
Унификация  
Подбор  
Метод решения  
Материал

Определение арматуры  
 Проверка прочности  
 Учет кручения  
 Проверка трещин

Диаметр [ ] мм

М<sub>и</sub> max 10 (%)

Тип элемента и расчетные длины (в метрах)

Стойка L<sub>rs</sub> 3 L<sub>lt</sub> 3  
 Ригель

Учет влияния прогиба на несущую способность по недеформированной схеме

OK  
Отменить  
Помощь  
Расчет  
Результат  
Вывести в  
 Viewer  
 MS Word  
 CSV-файл

**Данные по материалу**

Бетон Вид : тяжелый  
Класс B25  
G<sub>b</sub> : 0.85  
M<sub>k1b</sub> 1.20

Арматура Продольная : A500СП  
Поперечная : A240  
G<sub>s</sub> : 1.00  
M<sub>k1s</sub> : 1.20

Данные для учета раскрытия трещин

Ограничение ширины раскрытия трещин:

из условия сохранности арматуры  
 из условия ограничения проницаемости конструкций

Расчет поперечной арматуры

Принимать длину элемента за расстояние между опорами

учёт случайного эксцентриситета  
 учёт продольного изгиба

Влажность 40-75%

Расчётная длина L<sub>s</sub> [ ] м  
Расчётная длина L<sub>r</sub> [ ] м

статически неопределимая конструкция  
 статически определимая конструкция

OK Отменить Помощь

**Метод расчета**

Выбор по максимальным значениям  
 Выбор с оптимизацией для всех РСЧ

Шаг поиска 0.001  
[0.0001 - 0.01]

OK Отменить Помощь

Коэффициенты M<sub>kr</sub> определяются согласно табл. 7 СП 14.13330.2014

# Шаг 17. Выводим на экран результаты расчета

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 As1 As2 As3 As4 As Asw

0.00 16.42 32.84 49.26 65.68 82.10 98.52 114.94 131.36 147.78

Min As = 0 cm2 (элемент 11465), Max As = 147.778 cm2 (элемент 11453)

<X-Y-Z-Координаты>

**Результаты. Графика**

**Усилия**

в стержнях:

- эпюры
- цветовая раскраска
- в ребрах
- в пластинах
- в 3D-элементах
- главные (2D-проекты)
- в слоистых элементах

Реакции в опорах

- узловые
- линейные
- плоскостные

Перемещения

Невязки

Погрешности

**Напряжения в оболочках**

- в верхней фибре
- в нижней фибре
- в срединной плоскости

**Эквивалентные напряжения в оболочках:**

- в верхней фибре
- в нижней фибре
- в срединной плоскости

Предел прочности при:

растяжении  кПа

сжатии  кПа

**Арматура в стержнях:**

- эпюры
- цветовая раскраска

OK Отменить