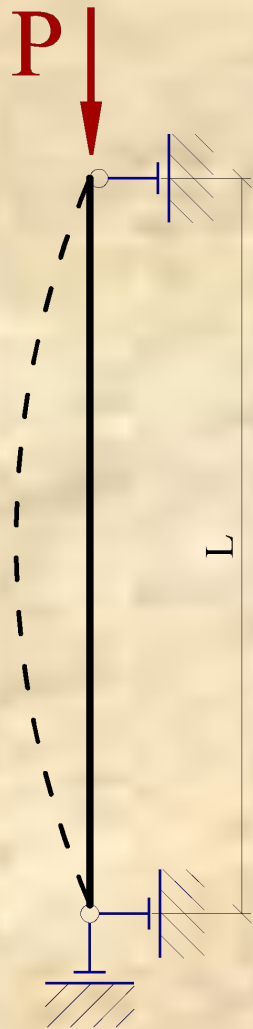


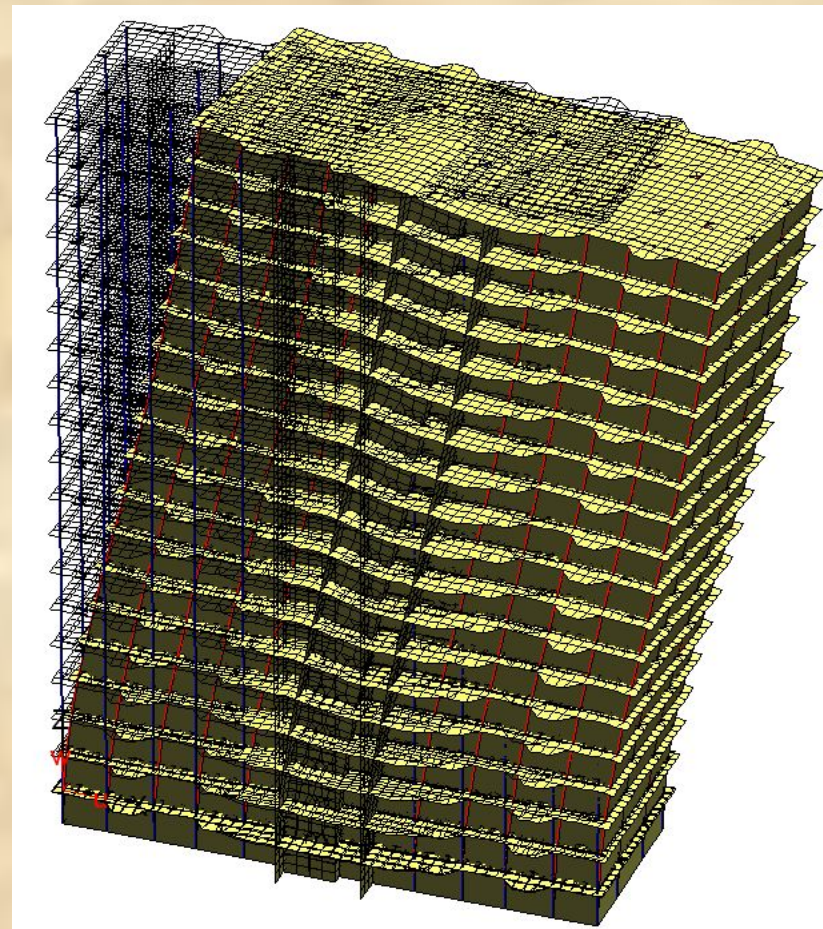
Анализ устойчивости конструкций зданий и сооружений

Стержень Эйлера



$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

Модель здания



$$(K + \lambda_{cr,i} K_g) \vec{V}_i = 0$$

$$P_{cr,i} = \lambda_{cr,i} \cdot \sum P$$

Идеализированная расчетная схема не учитывает:

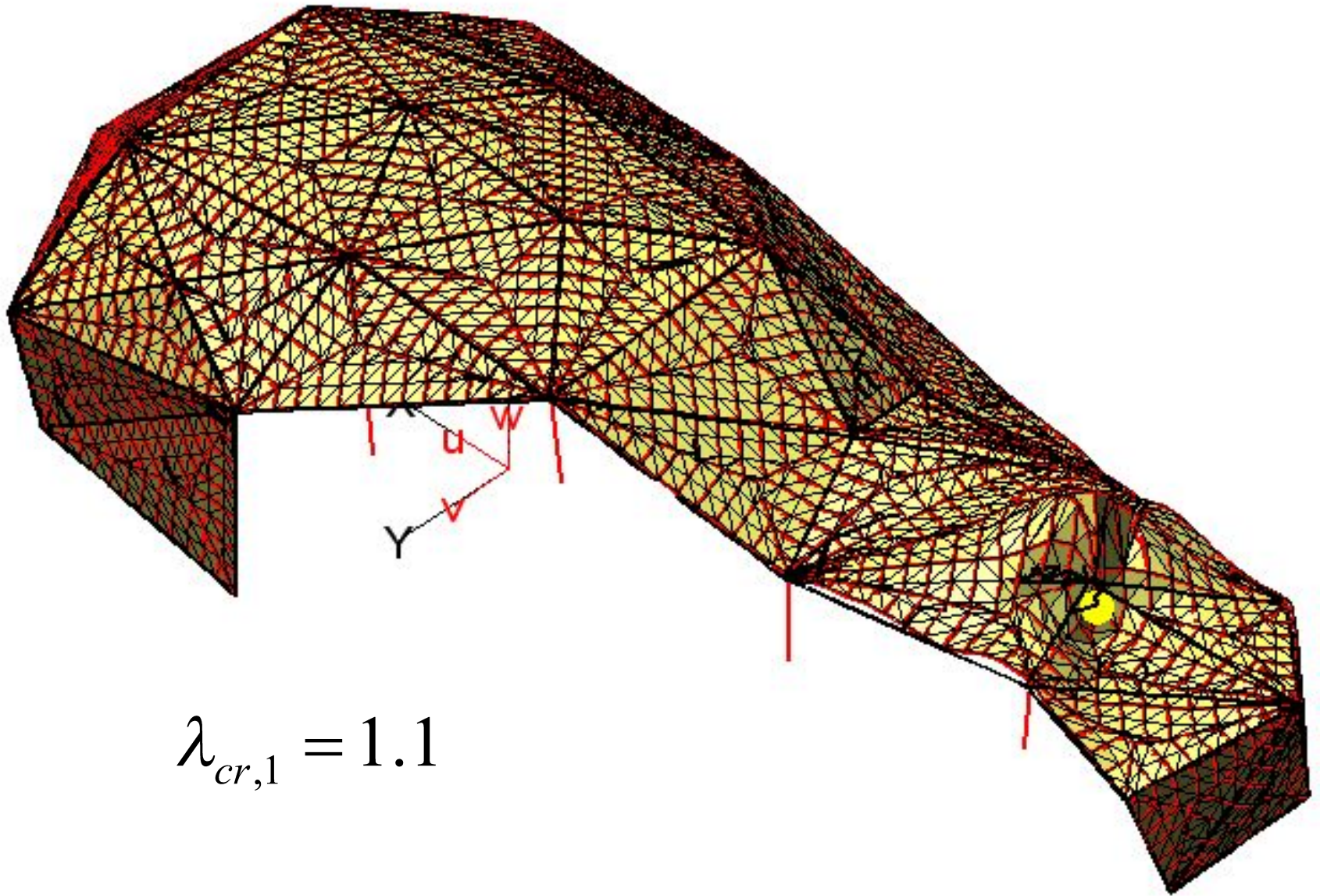
1) различные несовершенства (неточности монтажа, случайные эксцентриситеты и др.), которые всегда имеются в реальных конструкциях и снижают их устойчивость;

2) нелинейную работу материалов, возможное образование трещин, обуславливающие снижение жесткости элемента по мере его нагружения, а также ограниченную прочность материалов.

Расчет на устойчивость позволяет:

- 1) получить «верхнюю» оценку предельной нагрузки на систему;
- 2) выявить элементы, которые необходимо усилить, подкрепить или раскрепить;
- 3) определить величины расчетных длин сжатых элементов с учетом реальных условий их закрепления в расчетной схеме.

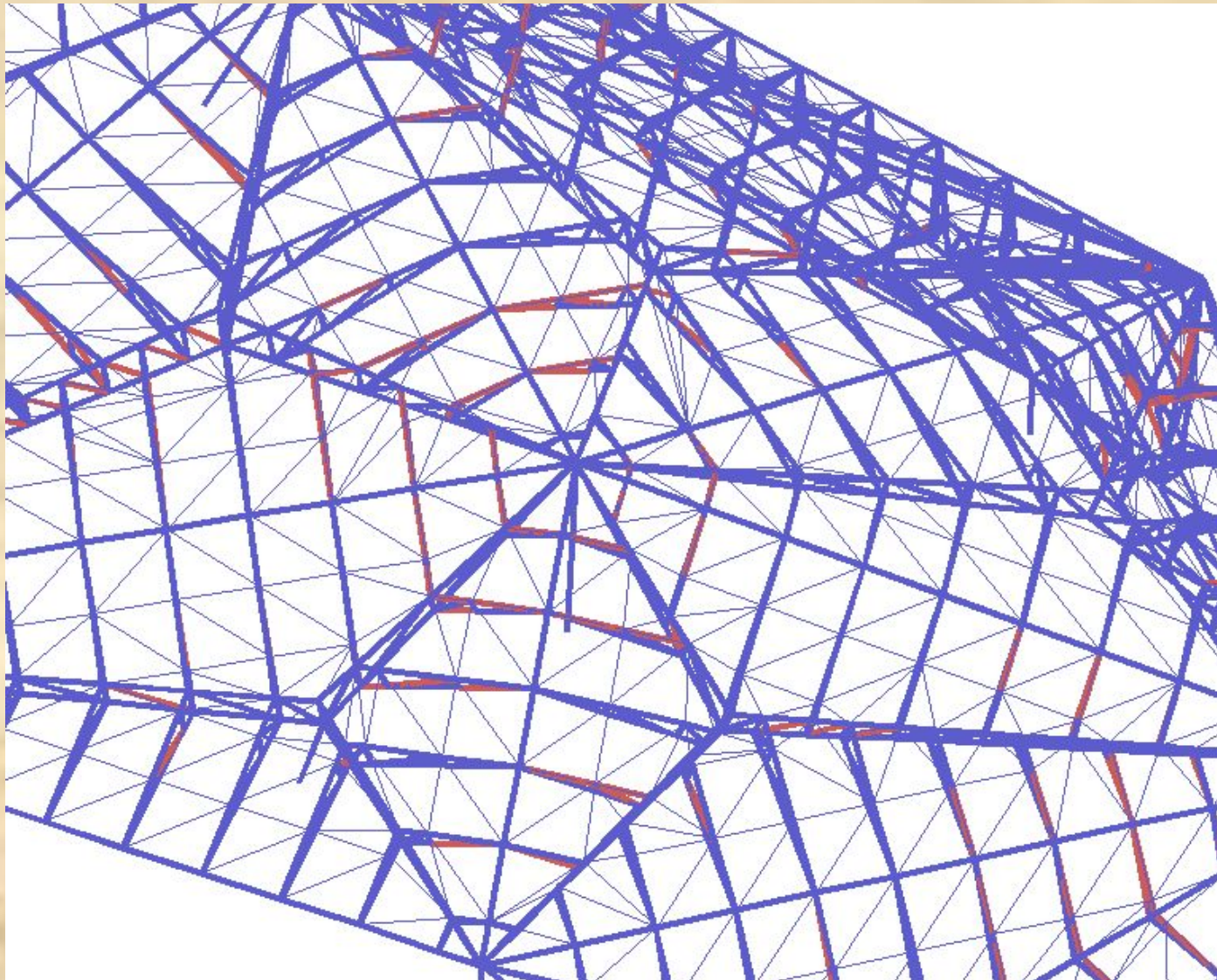
Потеря устойчивости структурной оболочки



$$\lambda_{cr,1} = 1.1$$

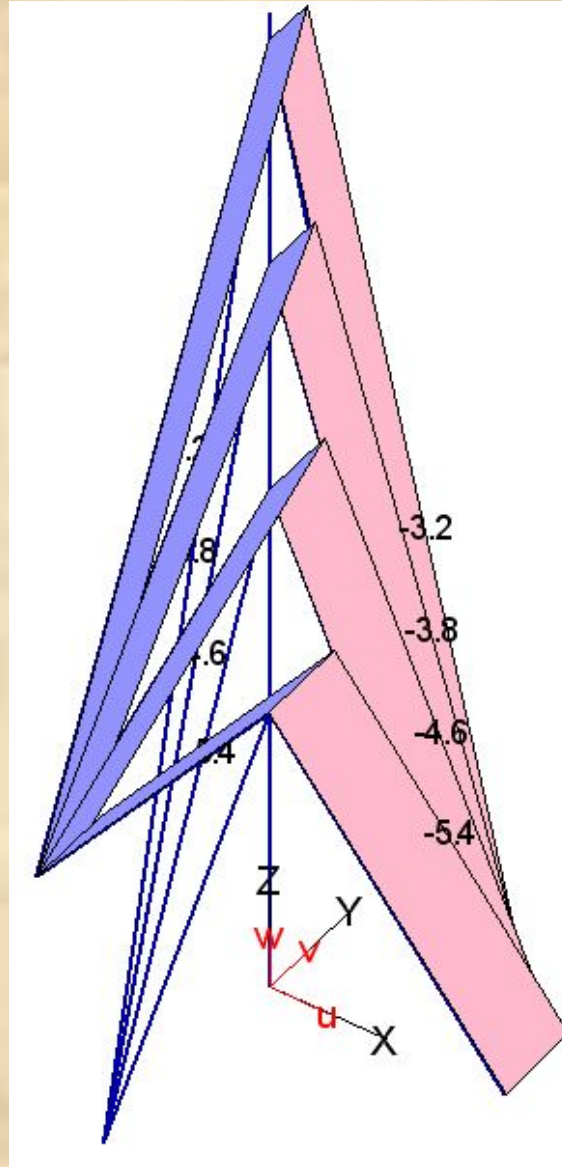
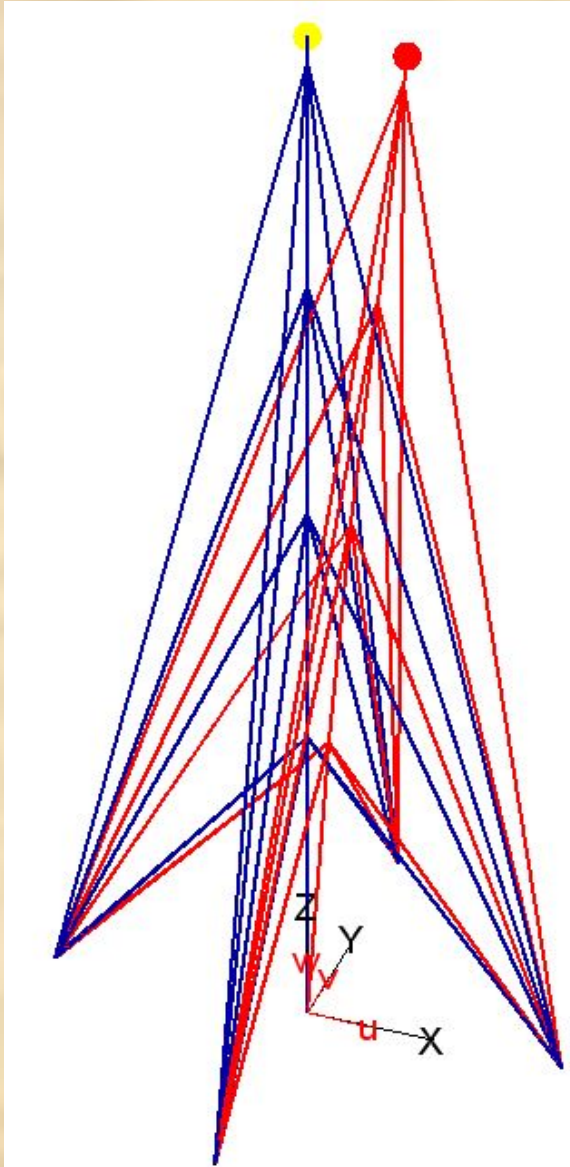
Потеря устойчивости структурной оболочки

Определение роли элементов



Устойчивость мачты на оттяжках

Линейный расчет

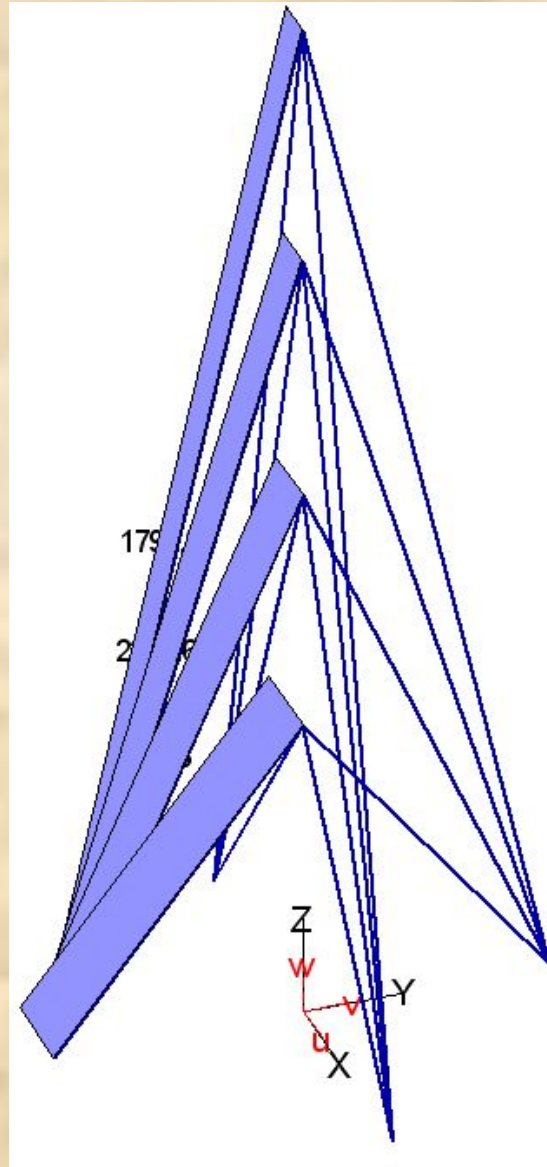
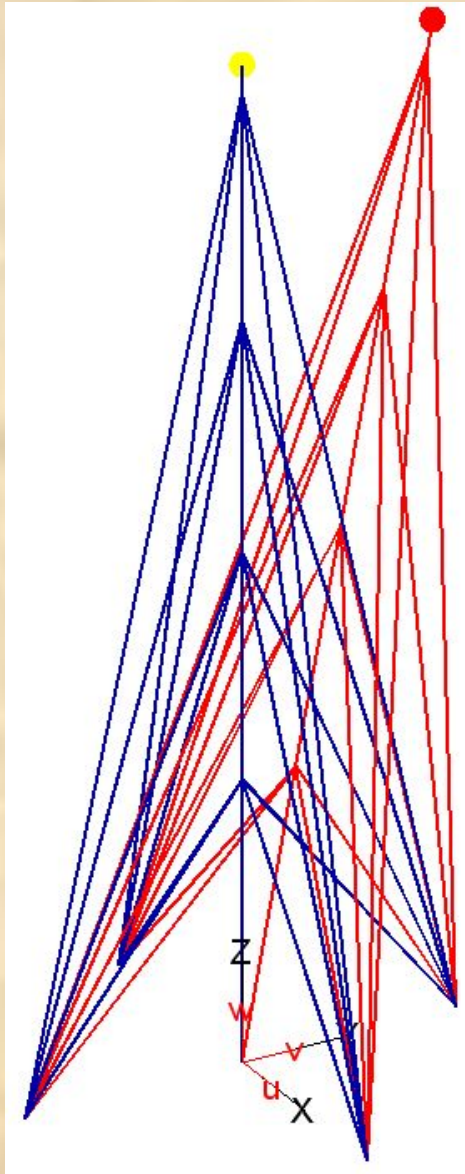


Оттяжки работают как на растяжение, так и на сжатие, что неверно

$$\lambda_{cr,1} = 2.36$$

Устойчивость мачты на оттяжках

Нелинейный расчет

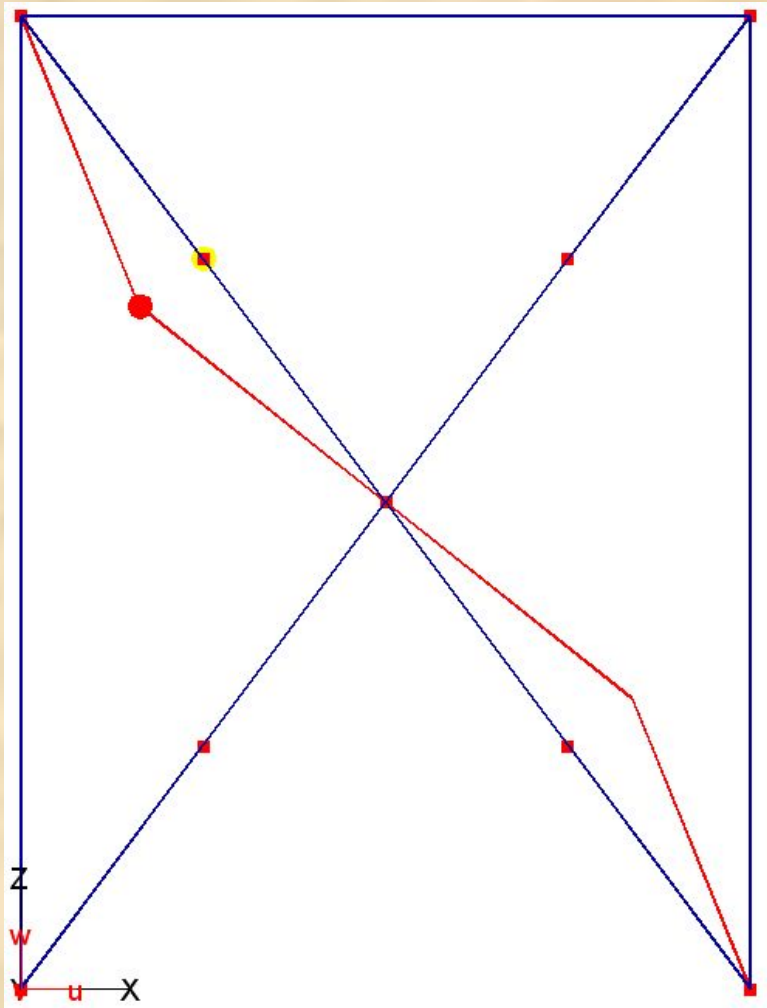


Оттяжки работают
только на растяжение

$$\lambda_{cr,1} = 5.5 \cdot 10^{-6}$$

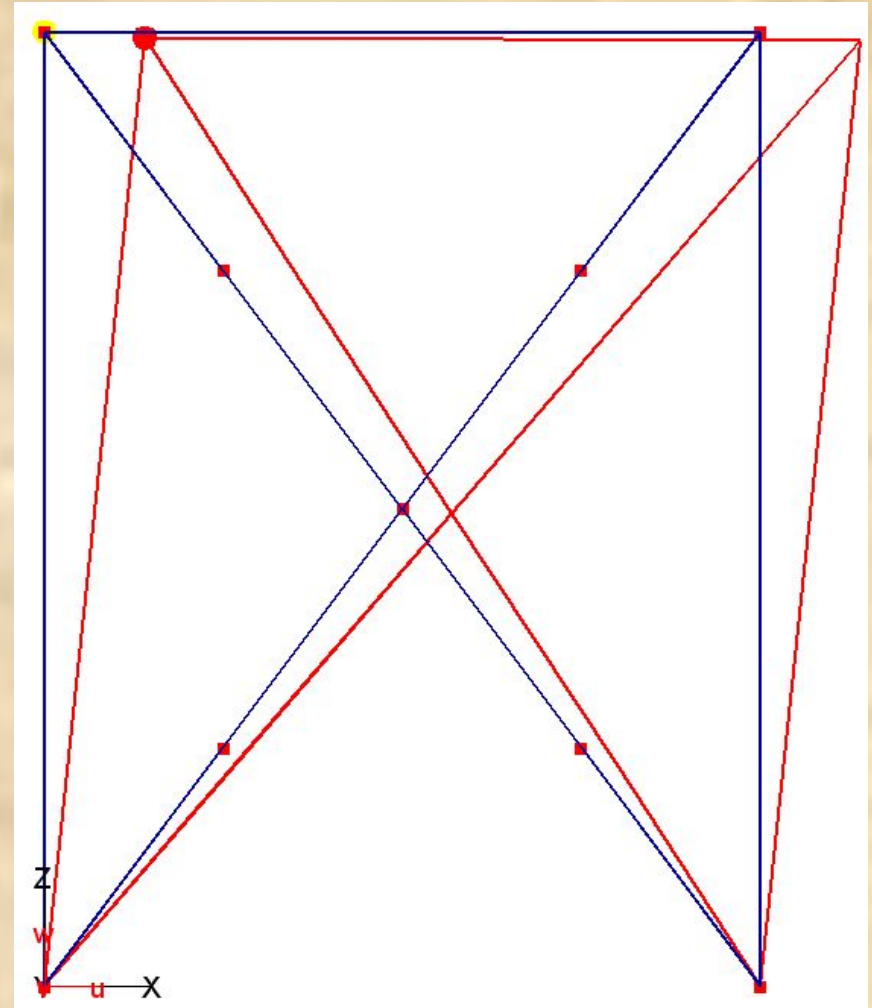
Устойчивость рамы с крестовой связью

Линейный расчет



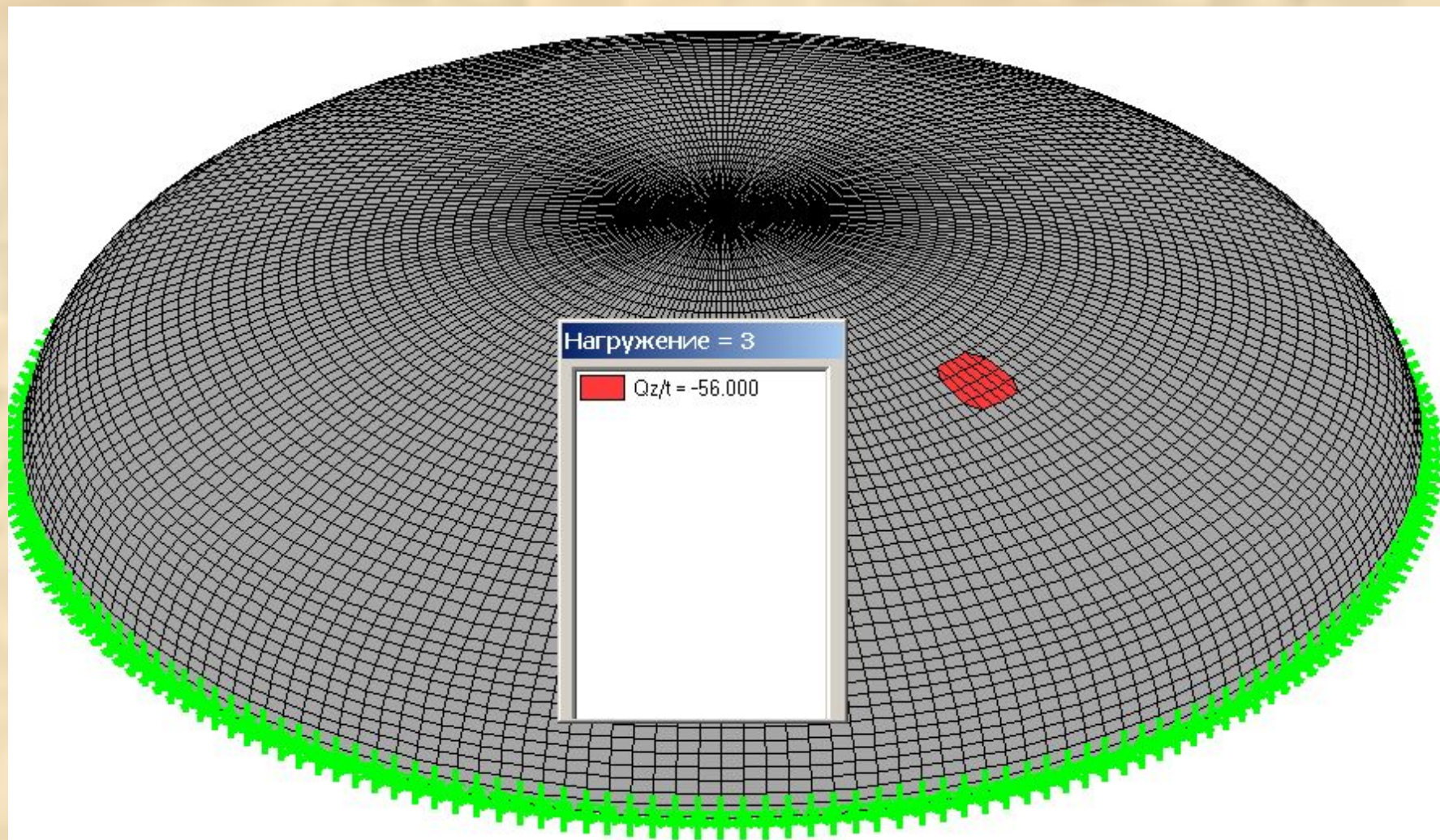
$$\lambda_{cr,1} = 0.72$$

Нелинейный расчет

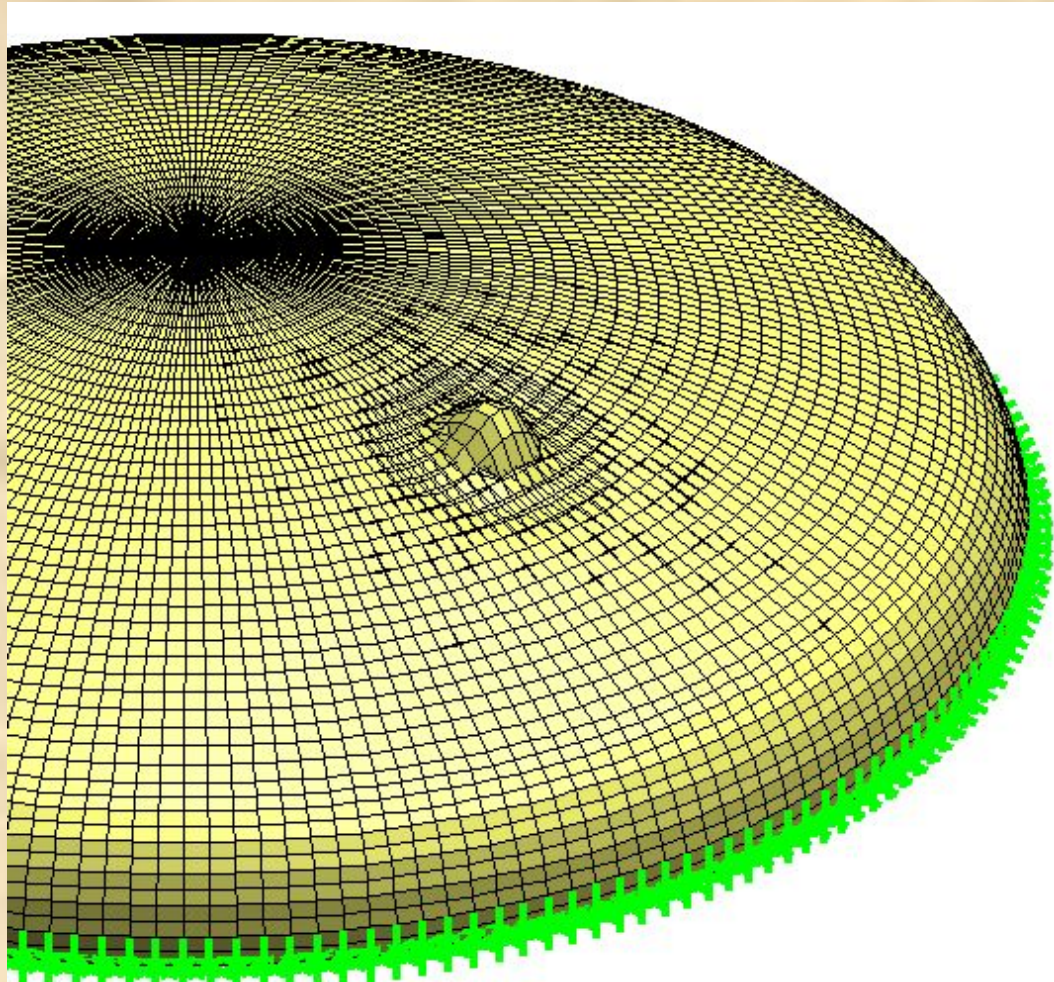


$$\lambda_{cr,1} = 43$$

Устойчивость оболочки купола



Устойчивость оболочки купола



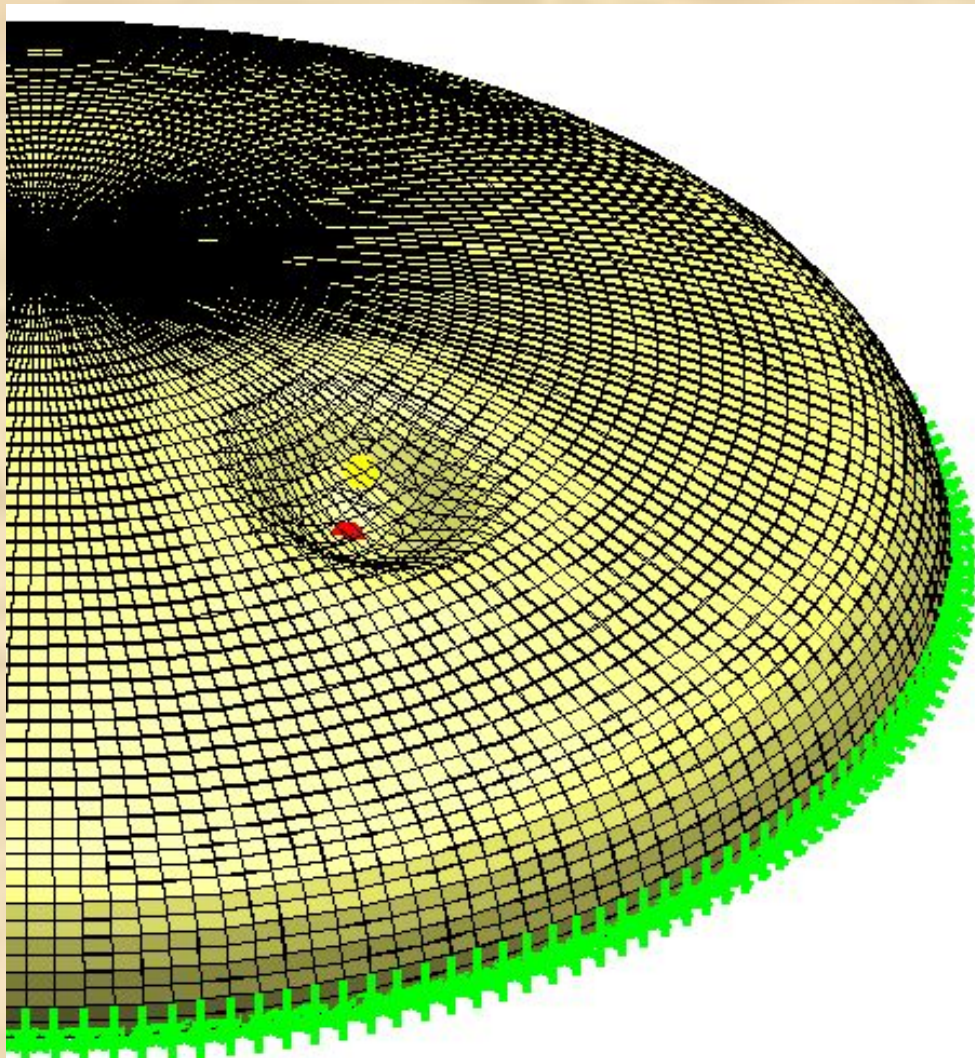
В рассмотрение принимаются только продольные (мембранные) усилия.

Вектор потери устойчивости может быть направлен в сторону, противоположную направлению действия поперечной нагрузки.

Коэффициент предельной нагрузки может быть завышен.

$$\lambda_{cr,1} = 3.7$$

Устойчивость оболочки купола



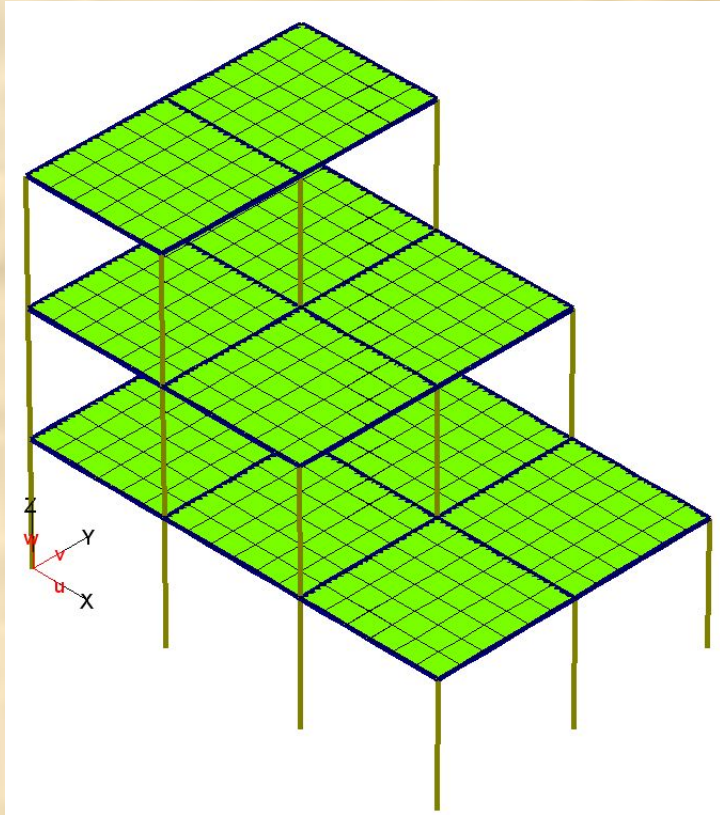
В этом случае для проверки устойчивости необходимо выполнить геометрически нелинейный статический расчет.

Максимальное значение нагрузки, при котором расчет выполняется – и есть критическая нагрузка.

$$\lambda_{cr,1} = 1.3$$

Упражнение №1 по оценке устойчивости системы

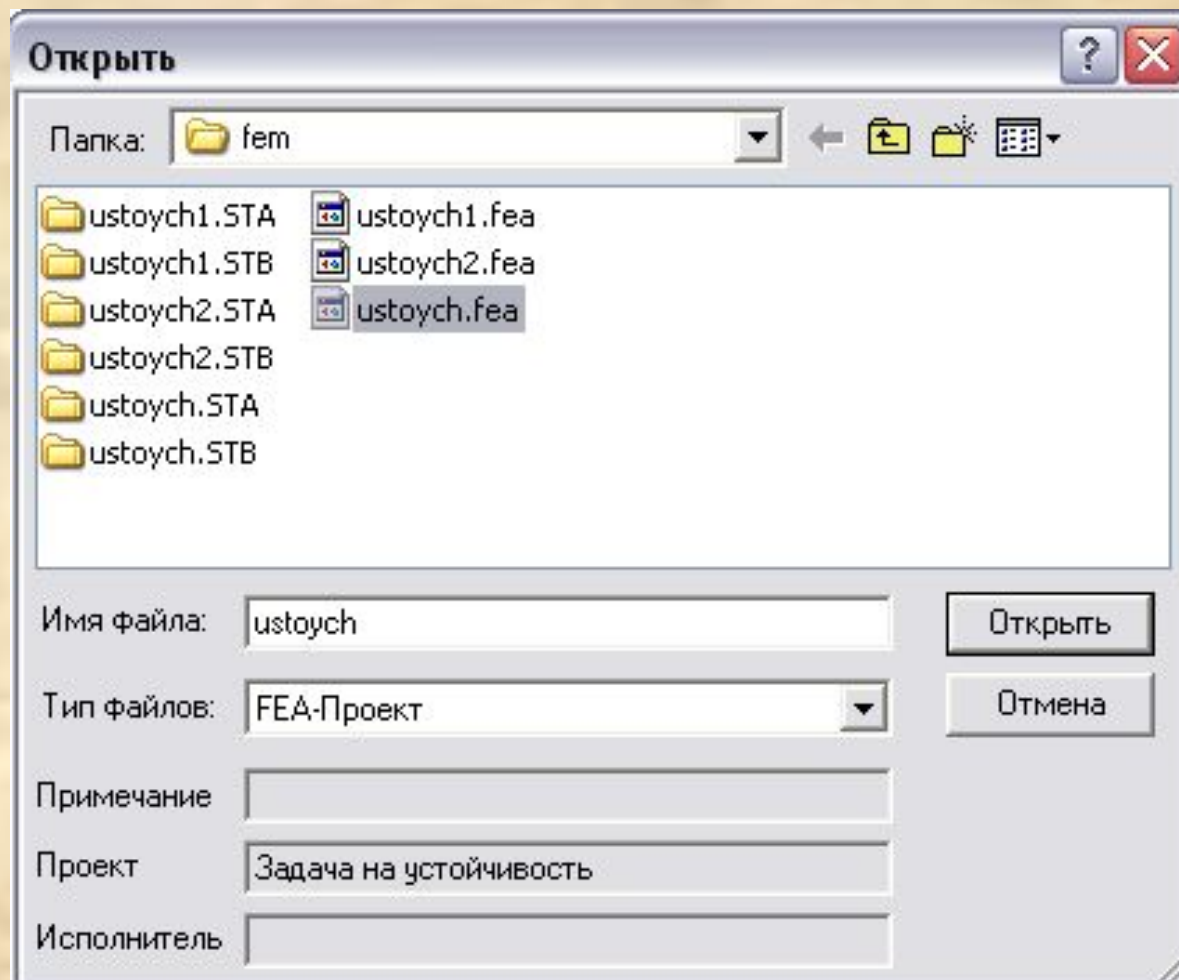
Имеется расчетная модель каркаса здания с основными расчетными нагрузками (ustoych.fea).



Требуется:

- 1) Произвести расчет на устойчивость;
- 2) определить роль элементов при потере устойчивости;
- 3) определить расчетные длины сжатых элементов.

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



Шаг 2. Производим статический линейный расчет.

Параметры расчёта

Тип расчета

☒ Статический расчет

☐ Собственные колебания

☐ Сейсмический режим

Параметры ...

☐ 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

Примечание

Исполнитель

OK Отменить Помощь

Настройки ?

Общие

Тип решателя

Нормы РФ

Панели инструментов

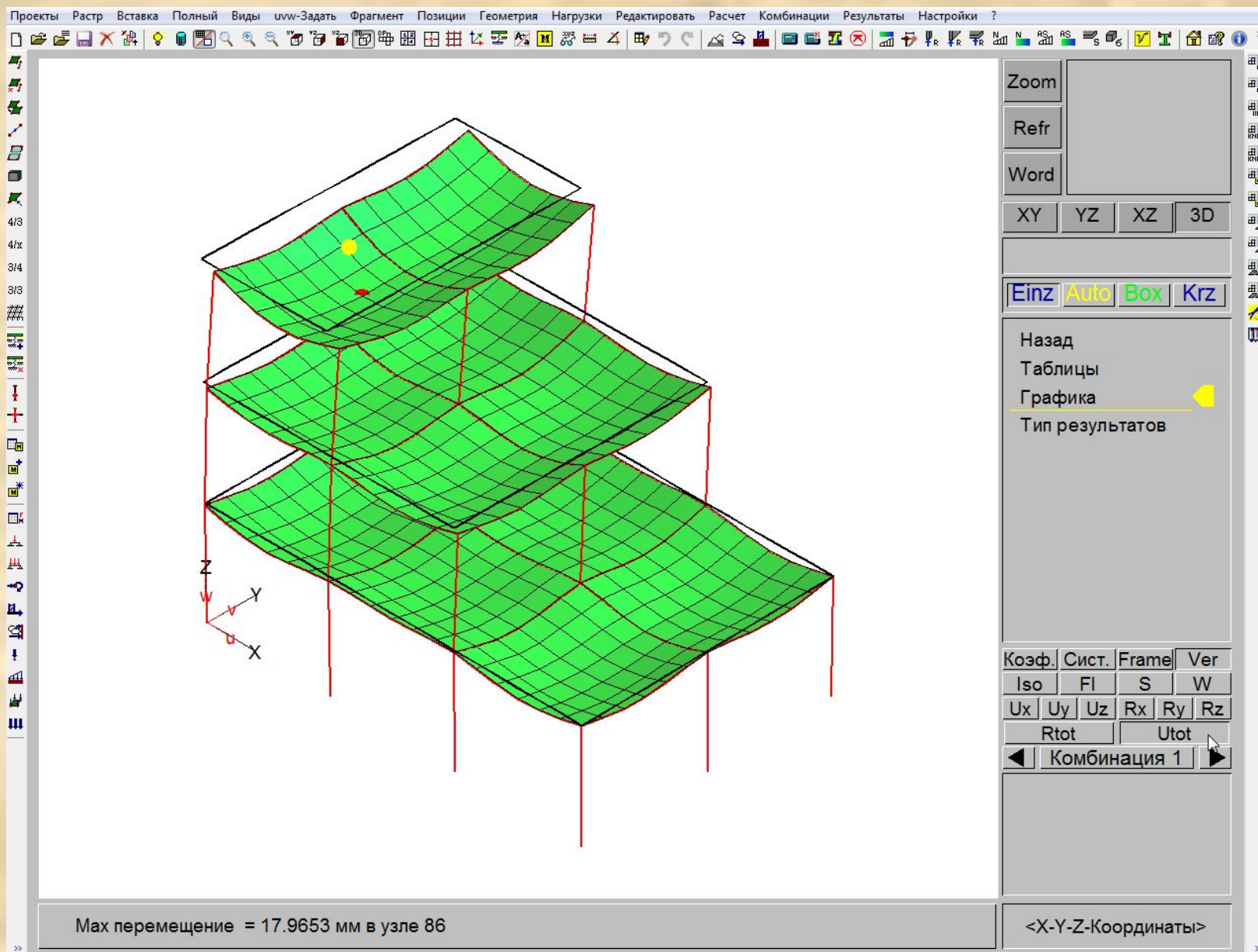
Выбор типа решателя

☐ Разреженный

☒ Фронтальный

OK Отменить

Шаг 3. Оцениваем перемещение и усилия в элементах расчетной схемы.



Шаг 4. Производим расчет на устойчивость с включенной опцией «расчет энергии».

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: Задача на устойчивость

Примечание:

Исполнитель: Юрий

OK Отменить Помощь

Стандарты для элементов

Элементы

- ☒ Гибридный 1
- ☐ Гибридный 2
- ☐ Перемещений

- ☒ Модификация матриц жёсткости для балок-стенок
- ☒ Осреднение с весами
- ☒ Согласованные нагрузки
- ☒ Согласованные массы
- ☐ Нелинейные итерации
- ☒ Проверка по Штурму
- ☒ Инерция вращения
- ☒ Учёт изменения геометрии для эксцентриситетов
- ☐ Учёт конечных вращений для пластин
- ☒ Последовательное чтение / запись
- ☐ Нелинейный материал
- ☒ Расчет энергии

Число шагов нагрузки: 0

Оценка погрешностей

- ☐ Критерий 1
- ☐ Критерий 2
- ☐ Критерий 3
- ☐ Все критерии
- ☒ Без оценки

OK Отменить Помощь

Выбор типа решателя

- ☒ Разреженный
- ☐ Фронтальный

OK Отменить

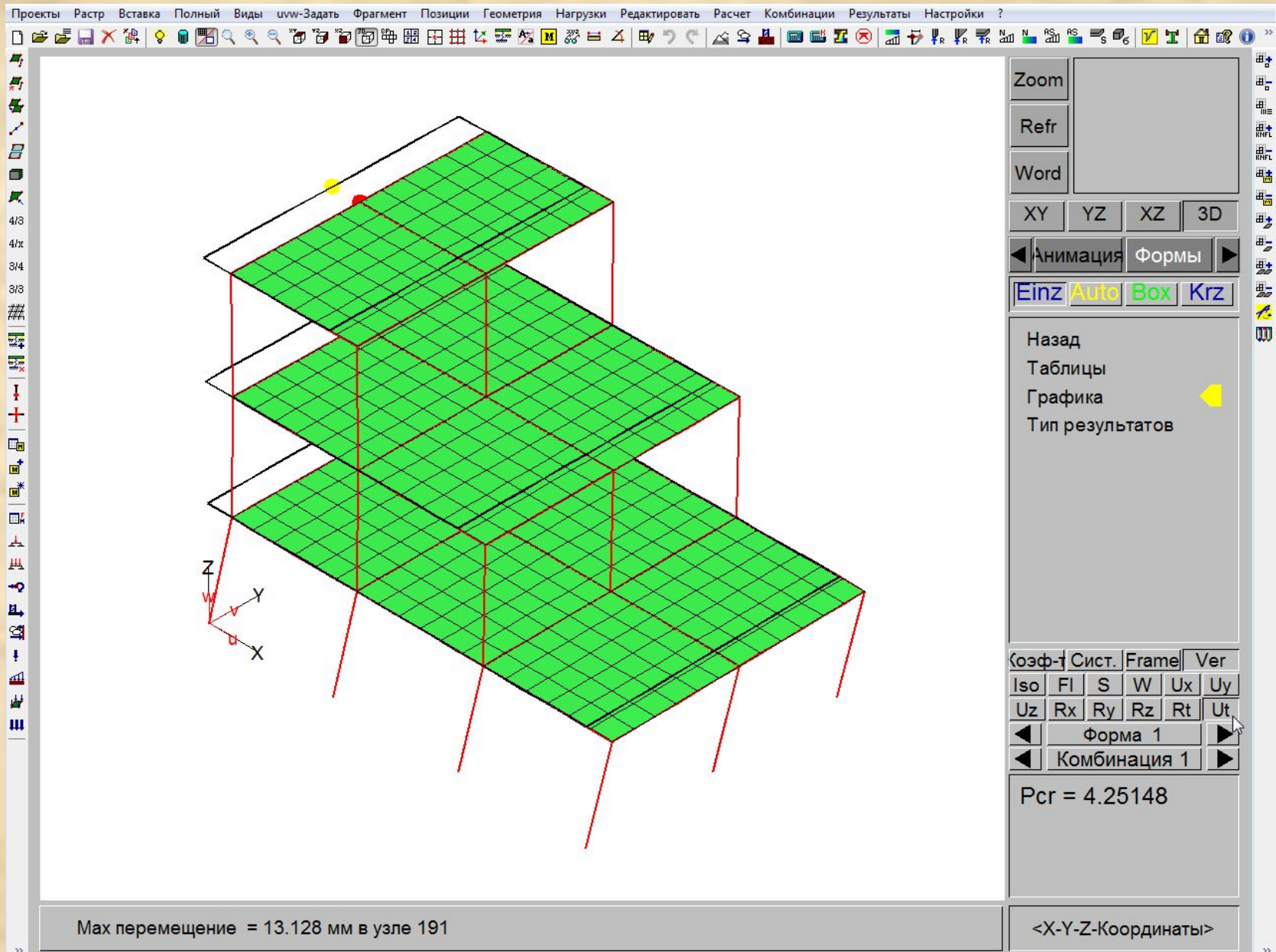
Задание и корректировка комбинаций

Комбинации Массы Доп. на устойчивость

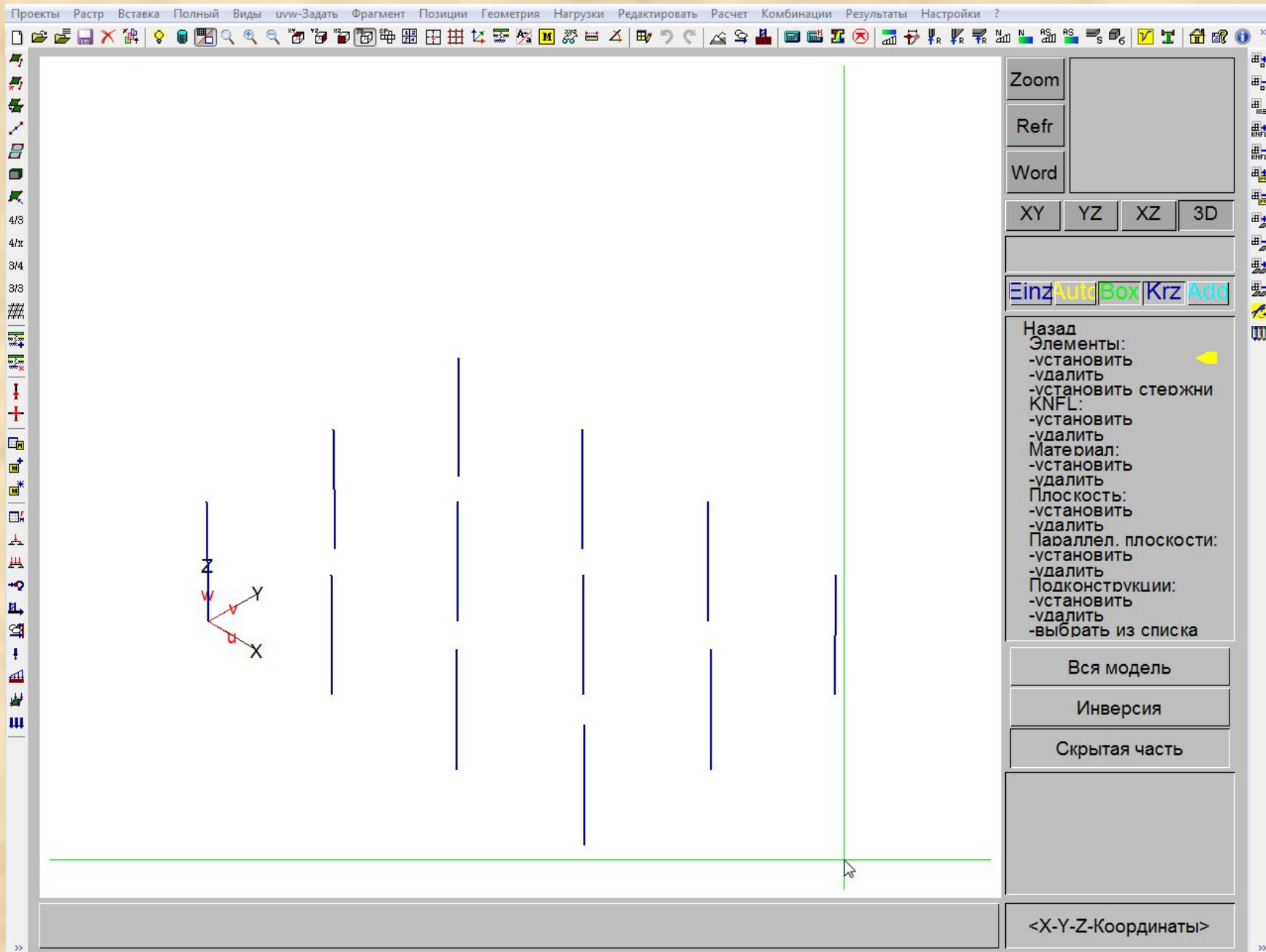
	НГ-1	НГ-2
К-1	1	1

Необходимо для выявления роли элементов при потере устойчивости

Шаг 5. Оцениваем значение критического параметра нагрузки.



Шаг 6. Выделяем колонны нижнего яруса каркаса.



Шаг 7. Производим энергетическую оценку роли элементов при потере устойчивости.

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

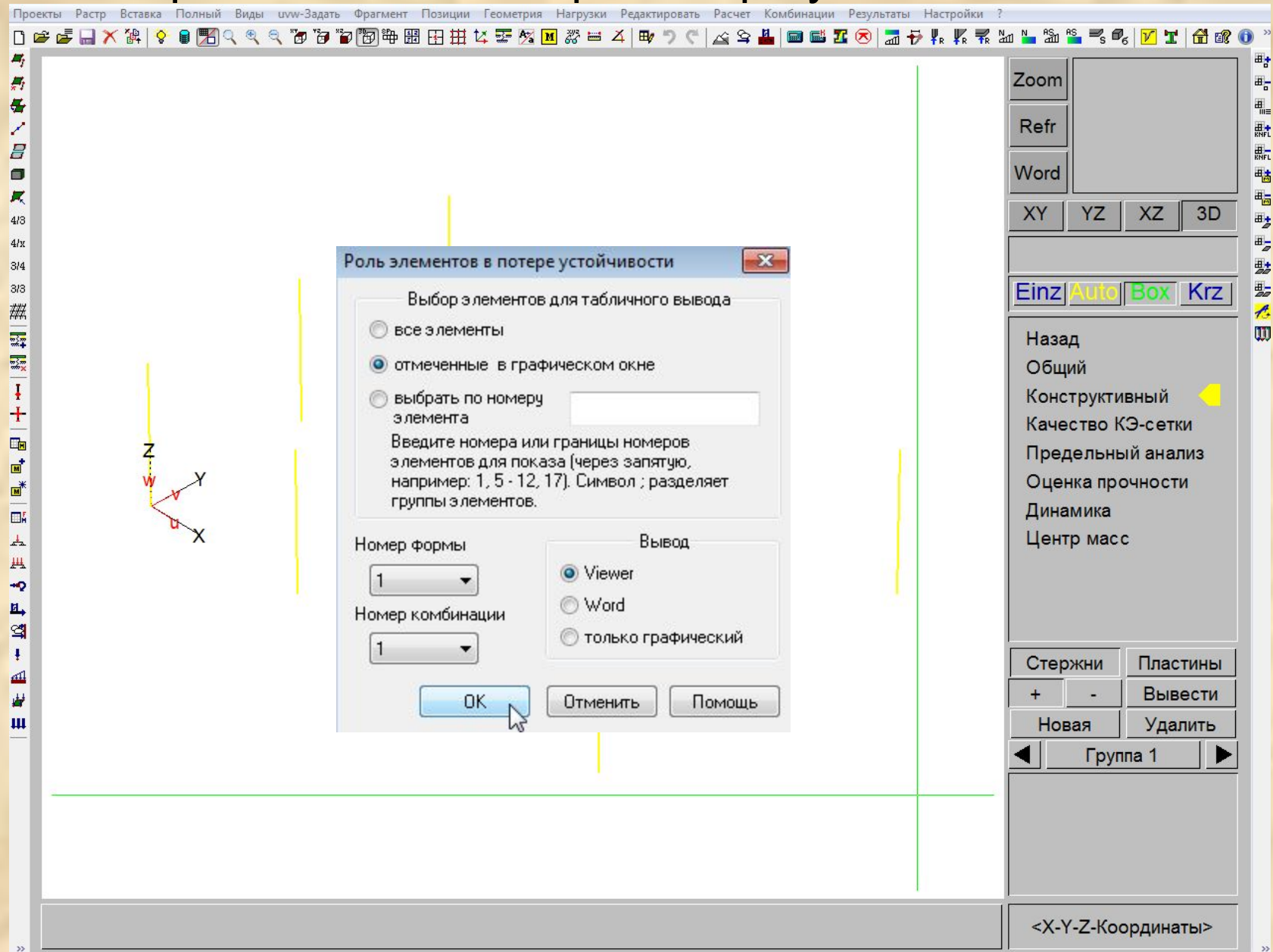
- ☐ Изгибаемые элементы
- ☐ Прокатные колонны и элементы ферм
- ☐ Сквозные колонны
- ☐ Сварные колонны
- ☒ Конструктивные элементы

Устойчивость

- ☐ Расчетные длины стержней
- ☒ Энергетический анализ роли элементов

OK Отменить Помощь

Задаем расчетные параметры и производим определение роли элементов при потере устойчивости

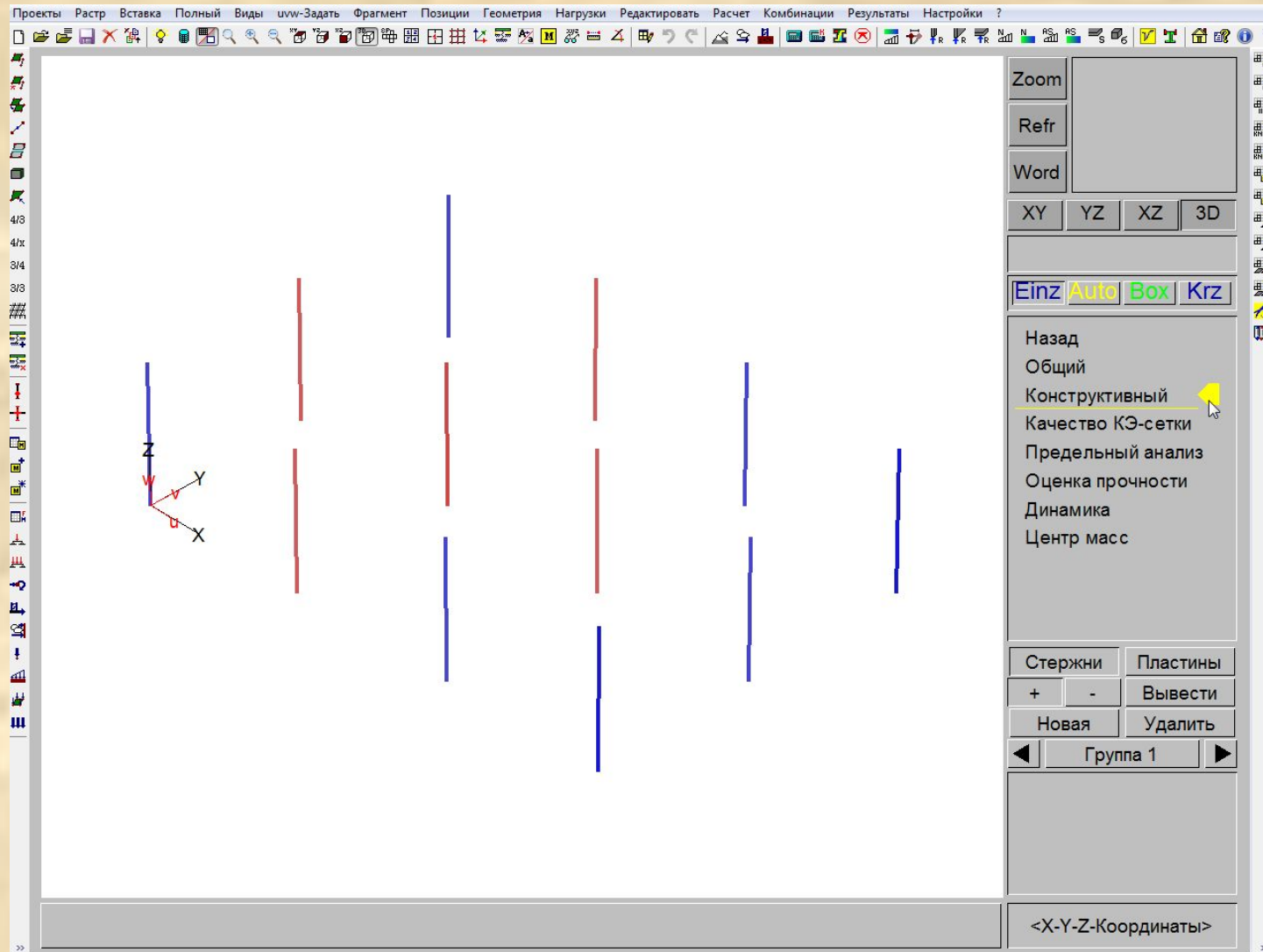


Программа формирует таблицу результатов энергетического анализа роли подсистем при потере устойчивости

Энергетический анализ роли подсистем при потере устойчивости по 1-й форме для 1-й комбинации нагружений			
Номер эл-та	коэффициент понижения жесткости элемента	Энергия "упруг."	"геом."
Подсистема 1:			
433	0.332	7.505e-002	-5.017e-002
440	-0.235	8.330e-002	-1.029e-001
447	0.345	8.257e-002	-5.408e-002
454	0.810	7.453e-002	-1.419e-002
478	-0.545	7.936e-002	-1.226e-001
485	-1.881	8.568e-002	-2.469e-001
492	-0.702	8.462e-002	-1.440e-001
499	0.498	7.863e-002	-3.945e-002
577	0.332	7.505e-002	-5.017e-002
584	-0.235	8.330e-002	-1.029e-001
591	0.345	8.257e-002	-5.408e-002
598	0.810	7.453e-002	-1.419e-002
Вклад 1-й подсистемы	-0.038	9.592e-001	-9.956e-001
Суммарный вклад подсистем		-3.642e-002	

При анализе форм потери устойчивости системы используются понятия стесненного и принужденного состояний отдельных частей системы. Считается, что отдельная часть системы находится в стесненном состоянии (эта часть называется «толкающей»), если, будучи отделенной от других частей системы, она потеряет устойчивость при меньшей интенсивности нагрузки. Если же при таком «изолированном» рассмотрении для потери устойчивости выделенной части системы необходимо приложить нагрузку большей интенсивности, или же она вообще не теряет устойчивости, то говорят о принужденной потере устойчивости этой части (эта часть называется «удерживающей»). Проверка роли отдельных подсистем может быть произведена путем подсчета значения энергии, накапливаемой в различных частях системы («подсистемах»), при ее деформировании по данной форме потери устойчивости.

На экране графически отображается роль всех выделенных элементов системы



Красным цветом показаны те элементы, из-за которых произошла потеря устойчивости (красные – «толкающие», синие – «удерживающие»), в них можно корректно определить расчетную длину

Шаг 8. Определяем расчетные длины «толкающих» 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 ПРЧСК

Металлические конструкции по СП 16.13330.2011

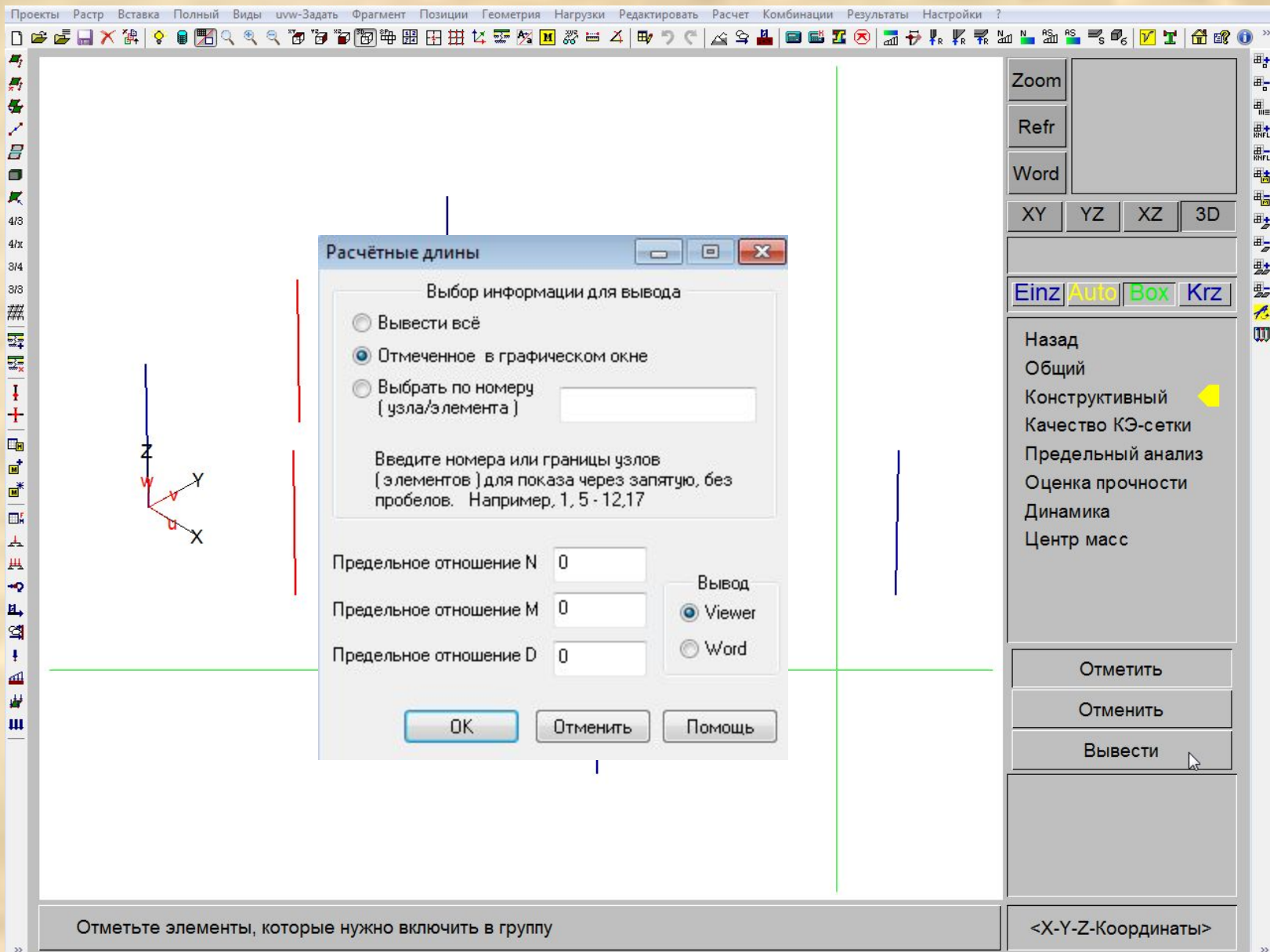
- ☐ Изгибаемые элементы
- ☐ Прокатные колонны и элементы ферм
- ☐ Сквозные колонны
- ☐ Сварные колонны
- ☐ Конструктивные элементы

Устойчивость

- ☒ Расчетные длины стержней
- ☐ Энергетический анализ роли элементов

OK Отменить Помощь

Задаем расчетные параметры и производим анализ расчетных длин сжатых элементов



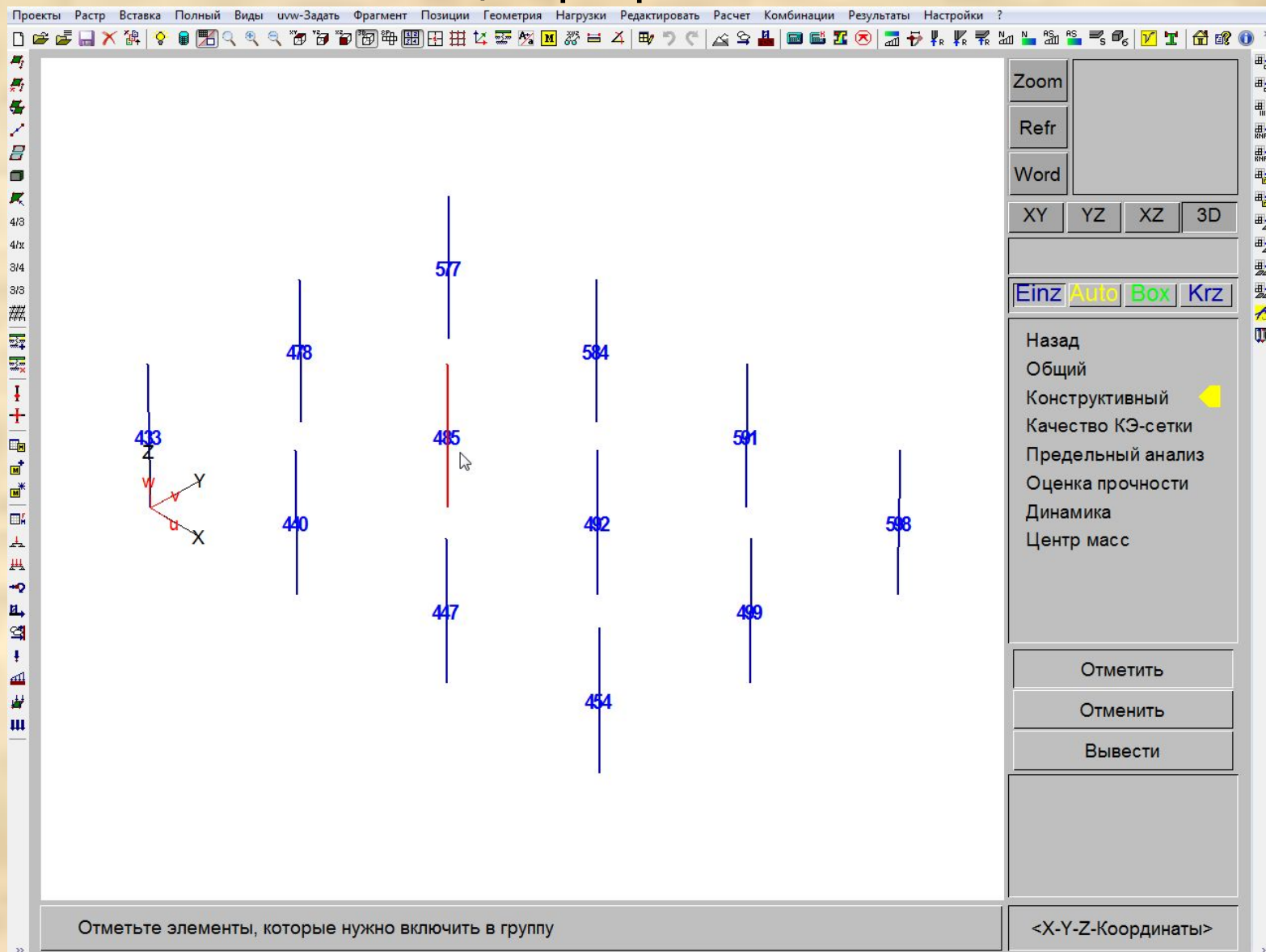
Программа формирует таблицу расчетных длин указанных элементов

Расчетные длины стержней			Длина	Расч. длина Ls	Расч. длина Lt
Элемент	Комбинация		[м]	[м]	[м]
440	1		5.000	7.851	4.557
478	1		5.000	7.167	4.160
485	1		5.000	5.078	2.948
492	1		5.000	6.642	3.856
584	1		5.000	7.851	4.557

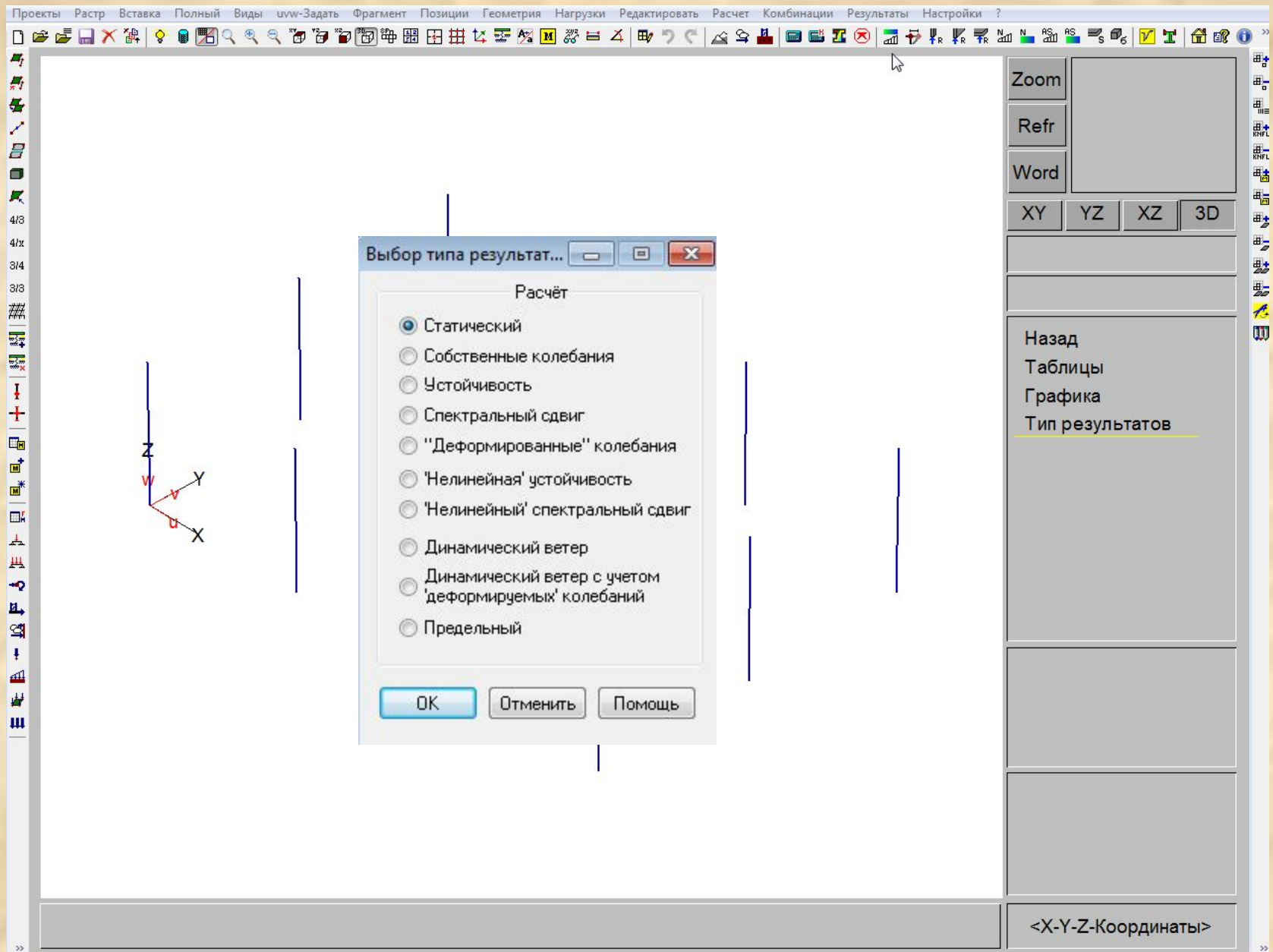
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \rightarrow L = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}} \quad m.e. \quad L \sim 1/\sqrt{P_{cr}}$$

Не во всех элементах при данной форме потери устойчивости $P = P_{cr}$.
Во многих элементах $P \ll P_{cr}$ («удерживающих» элементах), поэтому
для этих элементов расчетная длина получится завышенной

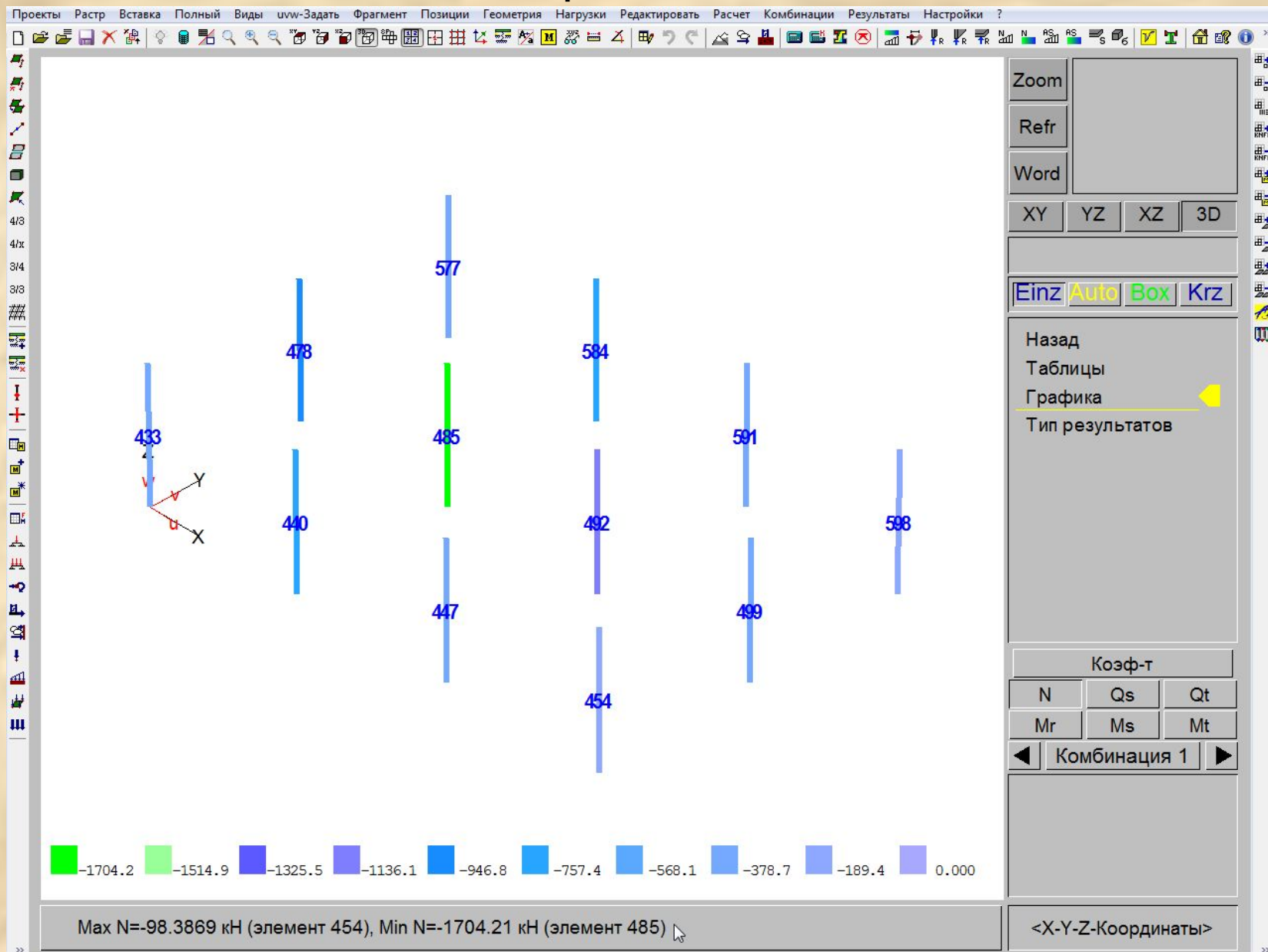
Шаг 9. Подготовим исходные параметры для определения расчетной длины стержня №485 в плоскости YOZ при помощи программы Металл.



Шаг 10. Меняем тип результатов расчета на «статический».



Шаг 11. Оцениваем уровень напряженного состояния стержня № 485.



Уровень напряженного состояния определяется только от вертикальных сил без учета гибкости

Имена материалов

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

Номер мат. 1 Новый

A 0.00797175 G 7.8e+007
As 0 Rho 8.24
At 0 Prof 125K1
Ir 1e-006
Is 3.09006e-005
It 9.17092e-005
E 2.06e+008

Стандарт
Ссылка 27

OK Отмена

Сталь:Расчетные сопротивления по СНиП II-23-81*

Статика Нагрузки ЖБ Сталь Дерево Камень

R_y γ_c l_{ef} I L

Растяжение,сжатие и изгиб

Листовой, широкополосный универсальный прокат

Сталь C235
Толщина проката [мм] от 2 до 20
Нормативное сопротивление R_{yn} [МПа(кгс/мм²)] 235(24)
Нормативное сопротивление R_{un} [МПа(кгс/мм²)] 360(37)
Расчетное сопротивление по пределу текучести МПа(кгс/см²) 229.3(2337.1)
Расчетное временное сопротивление [МПа(кгс/см²)] 351.2(3580.2)

☐ Округление до 5МПа Болты Смятие Печать

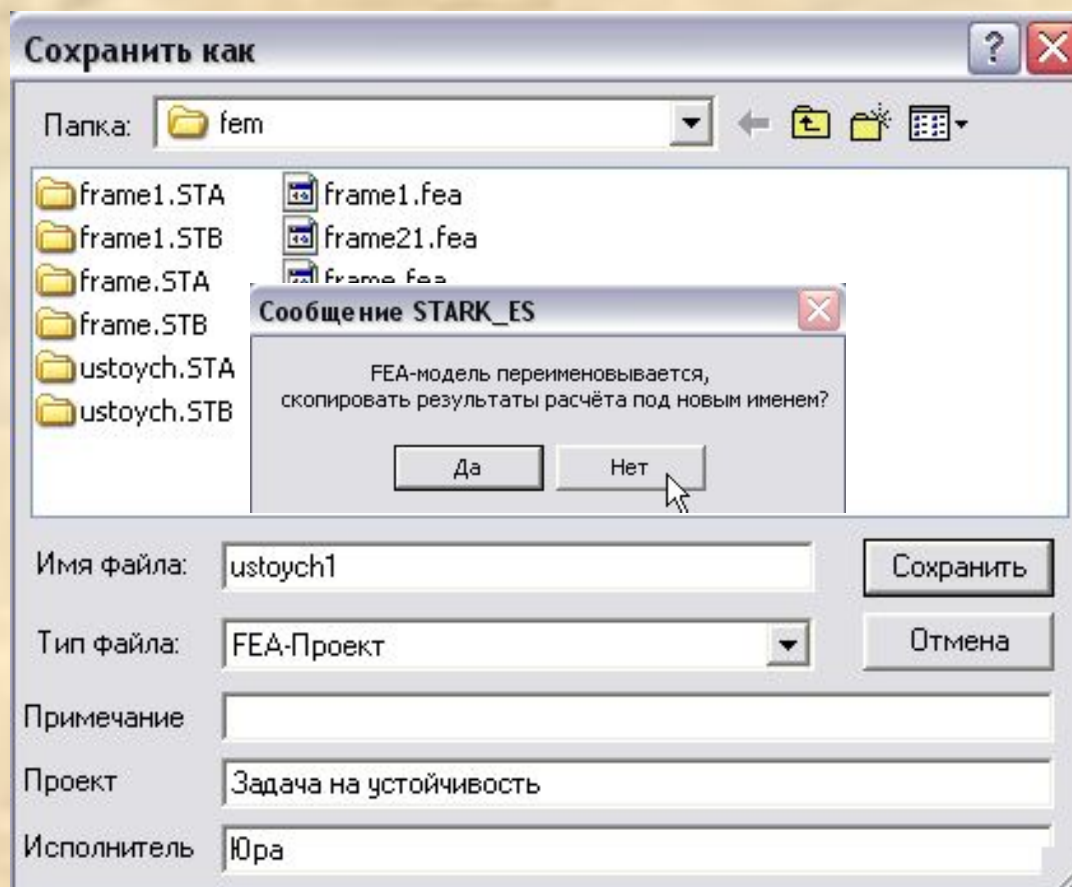
Нагрузки:Калькулятор

Статика Нагрузки ЖБ Сталь Дерево Камень

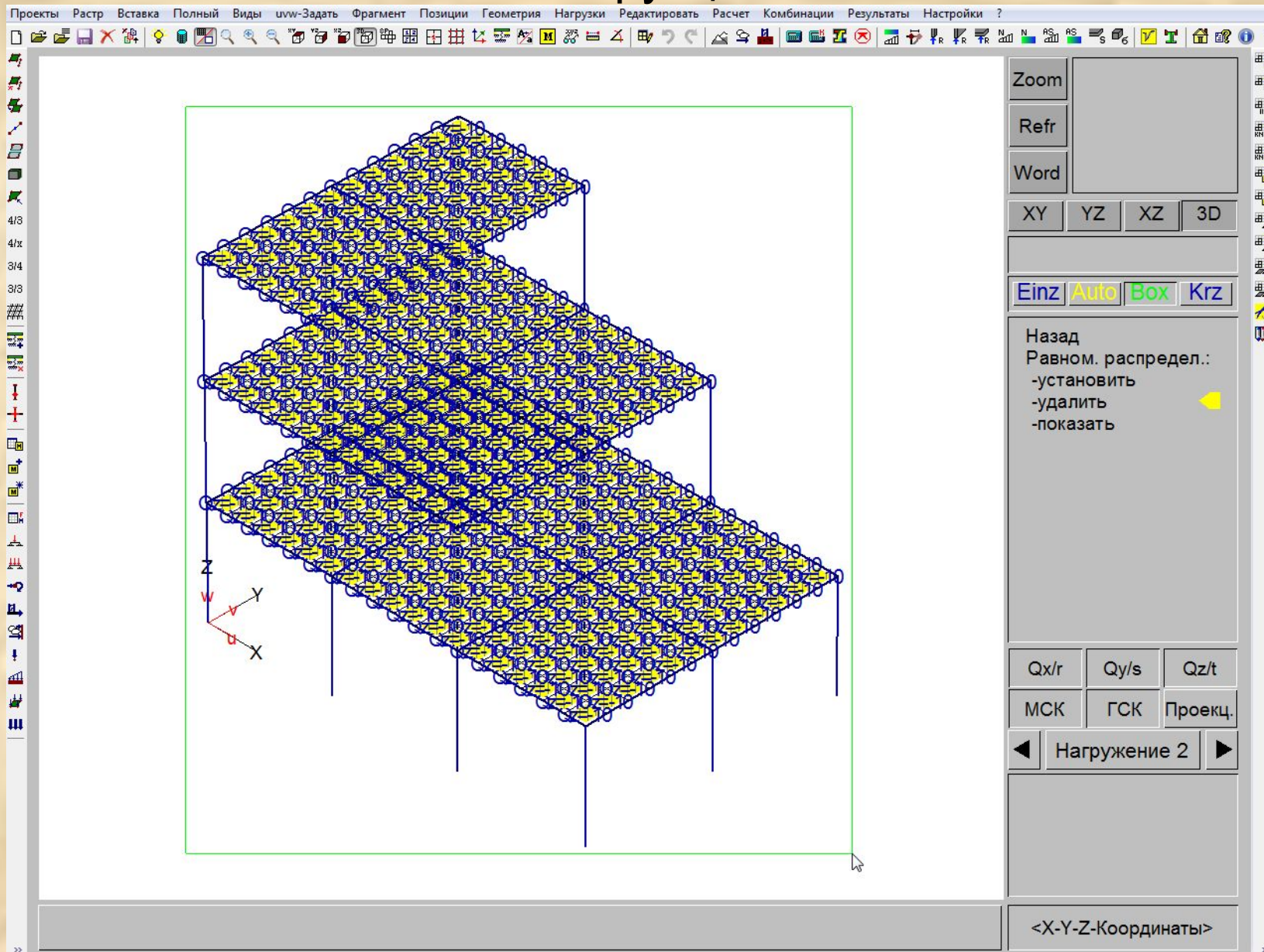
1+2=3

(1704/0.008)/229300 = 0.9289141

Шаг 12. Сохраняем расчетную модель под новым именем **ustoych1.fea**.



Шаг 13. Удаляем приложенную нагрузку с элементов конструкции.




Шаг 14. Удаляем собственный вес конструкции (обнуляем плотность всех материалов).

Имена материалов

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

Номер мат.

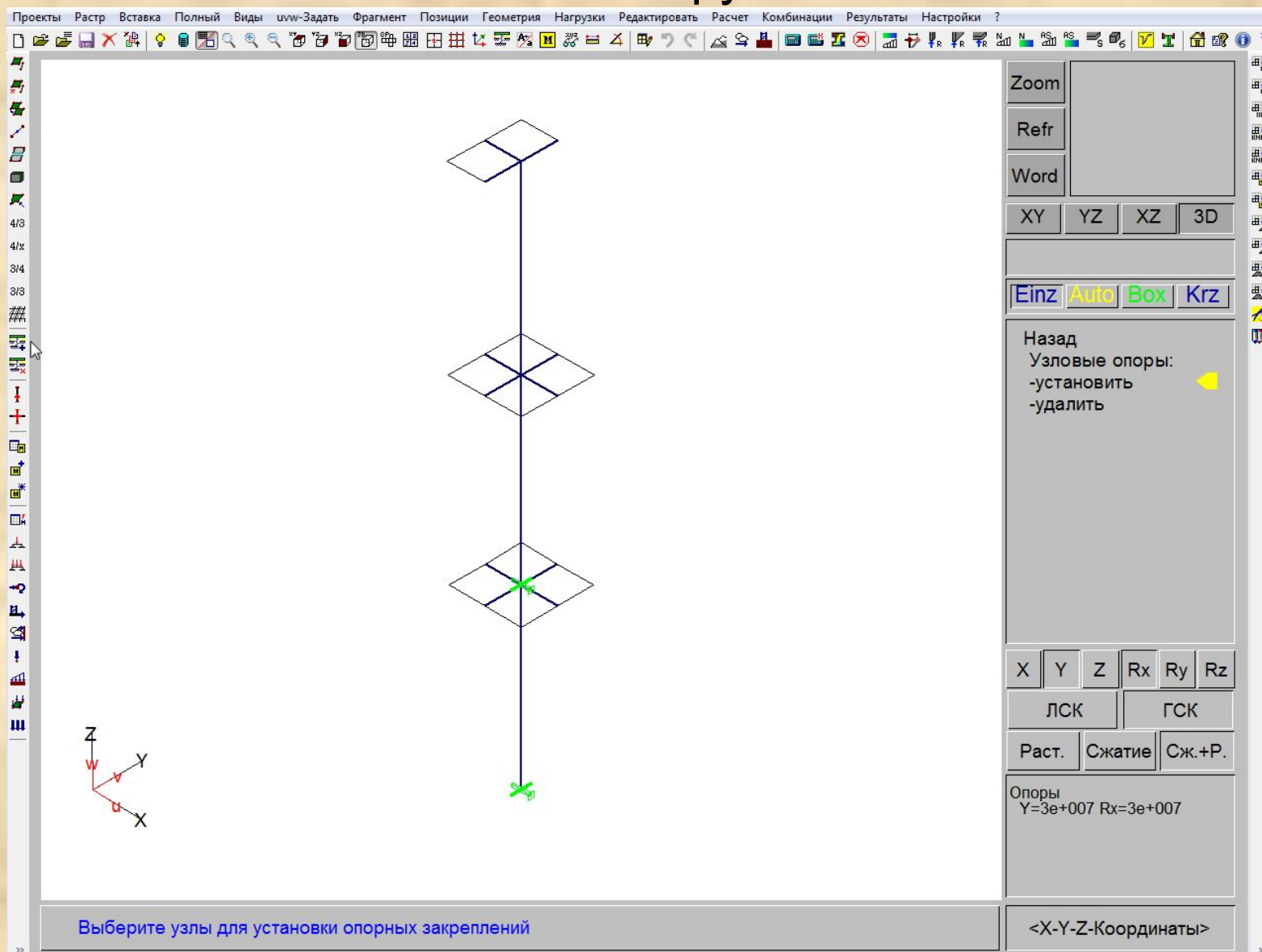
A	<input type="text" value="0.00797175"/>	G	<input type="text" value="7.8e+007"/>
As	<input type="text" value="0"/>	Rho	<input type="text" value="0"/>
At	<input type="text" value="0"/>	Prof	<input type="text" value="I 25K1"/>
Ir	<input type="text" value="1e-006"/>		
Is	<input type="text" value="3.09006e-005"/>		
It	<input type="text" value="9.17092e-005"/>		
E	<input type="text" value="2.06e+008"/>	<input type="button" value="Стандарт"/>	

Ссылка

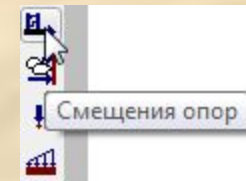
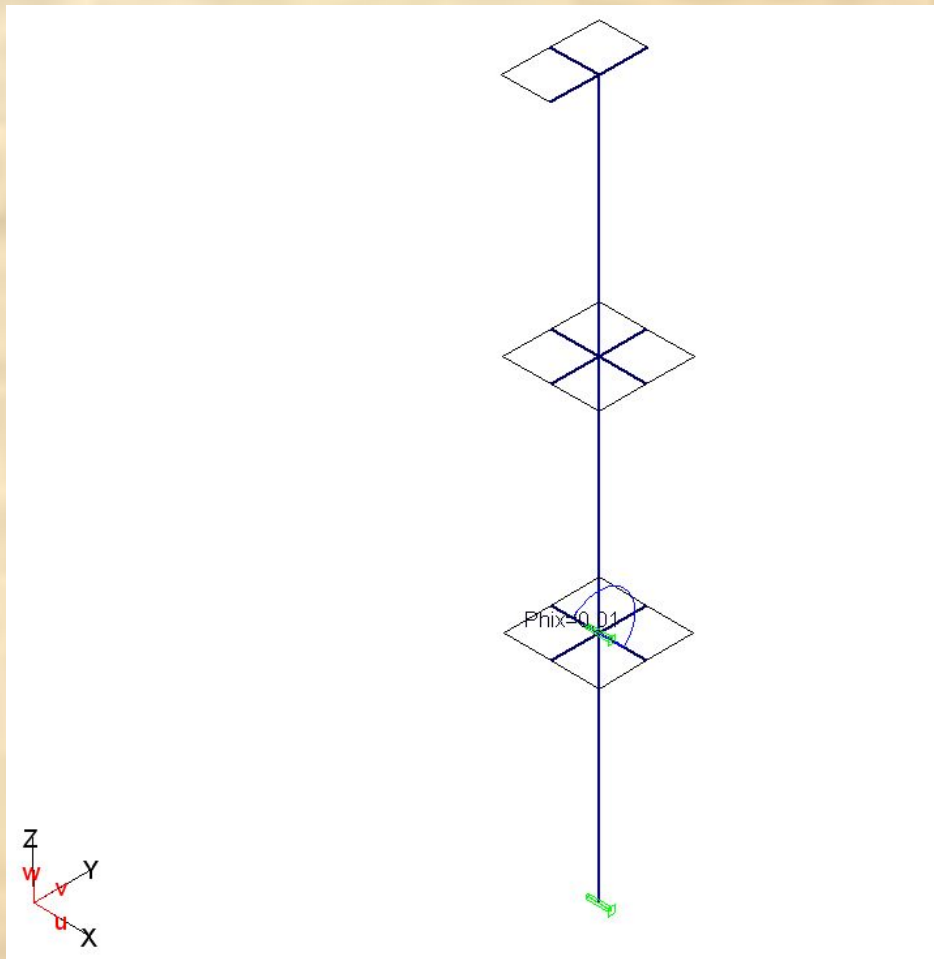
Демпфер

Cr	<input type="text" value="0"/>
Cs	<input type="text" value="0"/>
Ct	<input type="text" value="0"/>

Шаг 15. Устанавливаем связи на верхний узел расчетной стойки в глобальной системе координат по оси Y и вокруг оси X.



Шаг 16. Задаем единичное смещение опоры по оси $Y = 0.1$ м (нагружение 1) и поворот вокруг оси $X = 0.01$ рад (нагружение 2). Нагрузки снижены условно в 10 и 100 раз соответственно для удобного графического отображения результатов расчета.



X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
ЛСК	ГСК	Рад.			
Раст.	Сжатие	Сж.+Р.			
Нагружение 2					
Ux=0		Phix=0.01			
Uy=0		Phiy=0			
Uz=0		Phiz=0			

Шаг 17. Производим статический линейный расчет.

Параметры расчёта

Тип расчета

☒ Статический расчет

☐ Собственные колебания

☐ Сейсмический режим

☐ Устойчивость

☐ Формирование матриц

Параметры ...

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

Примечание

Исполнитель

OK Отменить Помощь

Настройки ?

Общие

Тип решателя

Нормы РФ

Панели инструментов

Выбор типа решателя

☐ Разреженный

☒ Фронтальный

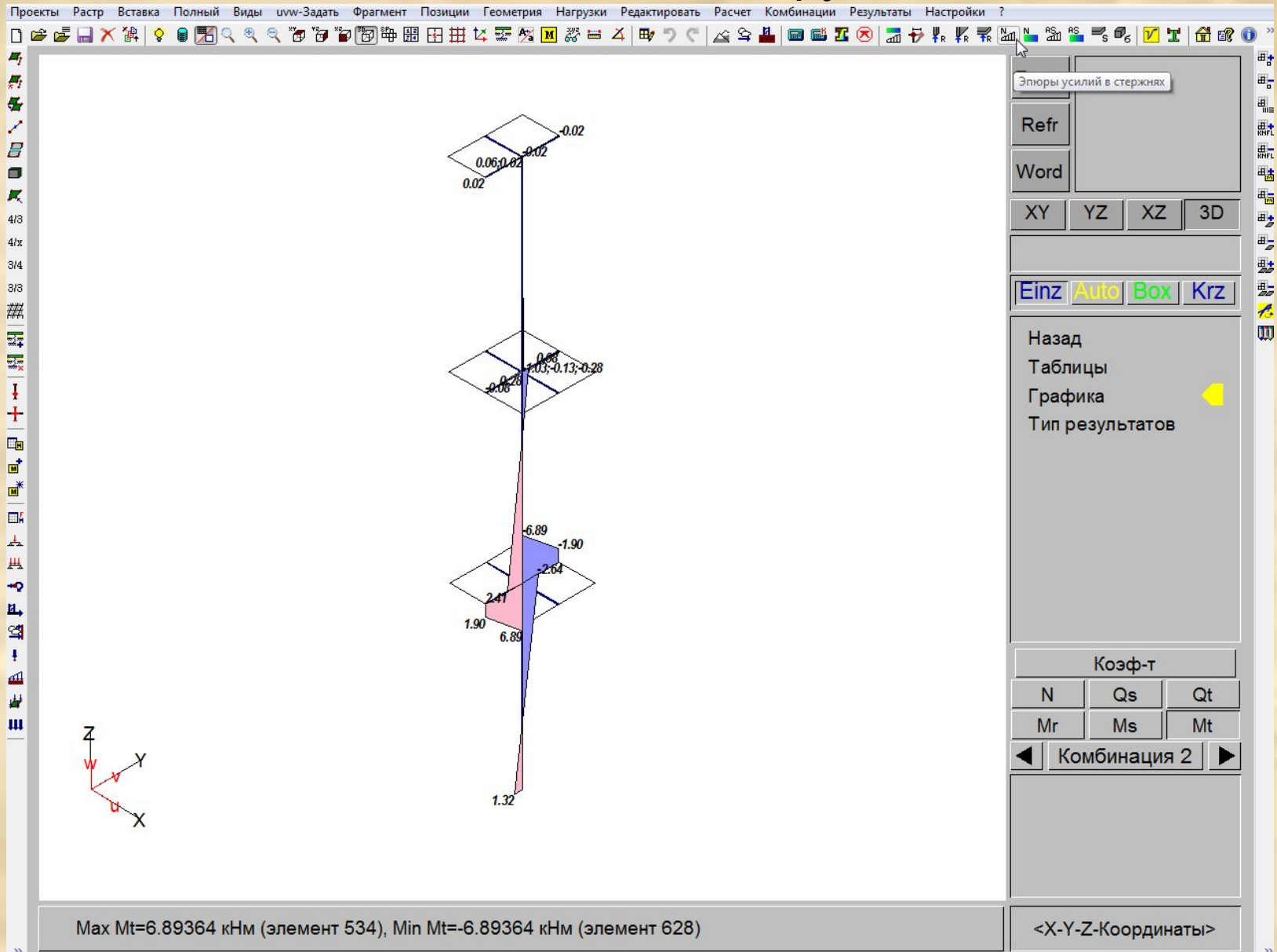
OK Отменить

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации | Массы | Доп. на устойчивость |

	НГ-1	НГ-2
К-1	1	0
К-2	0	1

Шаг 18. Оцениваем усилия в верхнем узле расчетной стойки от обоих нагружений.



Шаг 19. Определяем расчетную длину стержня №485 в плоскости при помощи программы Металл.

МЕТАЛЛ - выпуск 4.2.

Расчет Справка

Наименование объекта: ТЭС Исфаган

Кoeffициенты расчетной длины

Основные исходные данные

Нормы проектирования: СП16.13330.2011

Температура наружного воздуха, °C: 30

Сортамент широкополочных двутавров: ГОСТ 26020-83

Данные для расчета с учетом сейсмического воздействия

☐ Сейсмическое воздействие

☐ Температура наружного воздуха для неотапливаемых зданий и наружных конструкций

☐ PCY из STARK-ES

☐ Результаты в *.dxf

Обзор...

Настроить...

Применить

Справка

Выход

Программный комплекс. МЕТАЛЛ - выпуск 4.2. Москва 2013 г.

Описываем исходные данные для определения расчетной длины стойки

Исходные данные для расчета коэфф. расчетной длины

ОБОЗН.	О П И С А Н И Е	ЕД.ИЗМ.	ЗНАЧ.
Gsr/Rysr	Уровень напряж.состояния стоек схемы	б/р	0.93
LJMDsr	Услов.гибкость стоек схемы (без m_u)	-//-	1

С Х Е М А

☐ Верхний
☐ Промежуточный
☒ Нижний

☐ Конструкция закреплена от горизонтального смещения

Задание реактивных усилий...

Расчет Справка

Выход

Вывод в *.dxf файл

Очистка таблицы

Выбор продолжения

Закрепление стойки нижнего яруса. Перейти на:

абсолютно жесткое -
 абсолютно жесткое -
 с учетом податливости грунта -
 шарнирное -

Для выбора продолжения, "кликните" курсором на нужной строчке

Выход

Реактивные усилия от единичных перемещений и характерист.ст...

ОБОЗН.	О П И С А Н И Е	ЕД.ИЗМ.	ЗНАЧ.
Верх- ний	Момент в верхнем стержне от пов.на 1р	кНм	241
	Сум.момент.в примык.ригелях -//-	кНм	1378
	Попереч.сила в верхн.ст.от смещ.на 1м	кН	-1724
узел. Ниж- ний	Продольн.сила в прим.ригелях от -//-	кН	3066
	Момент в нижнем стержне от пов.на 1р	кНм	
	Сум.момент.в примык.ригелях -//-	кНм	
узел.	Поперечн.сила в нижн.ст.от смещ.на 1м	кН	
	Продольн.сила в прим.ригелях от -//-	кН	

Примечание.
 Для создания заделки, в строках "Сум.момент" задать -1
 Для создания несмещ. опоры, в строках "Продольн.сила" задать -1

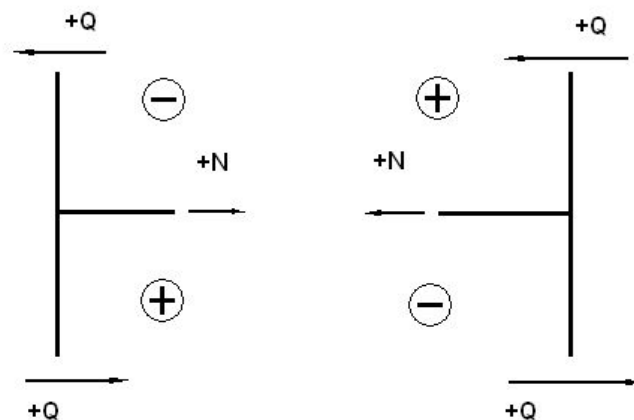
Характеристики	Наименование	Значение	Очистка таблицы
стержня	Длина (м)	485s	Выход
	Момент инерции (м ⁴)	5	
	Модуль упругости (МПа)	.00009	
		206000	

Metal

Коэффициент расчетной длины равен 1.058

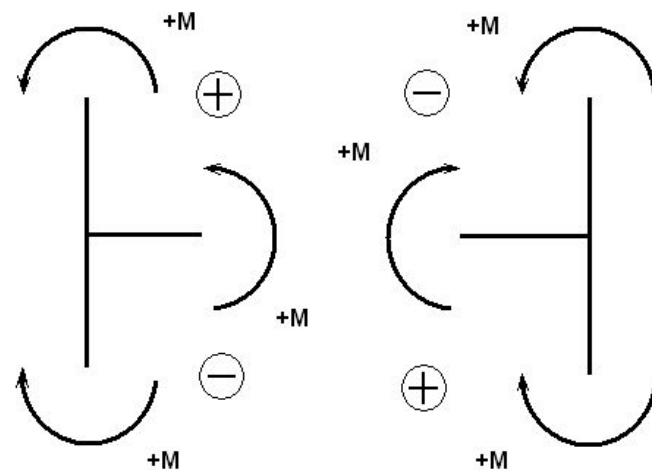
OK

Схема направления действия усилий $+N$ и $+Q$



Положительные значения реактивных усилий, выбранные из результатов расчета в комплексе **ПК STARK – ES**, суммируются в соответствии с приведенными схемами для усилий $+N$ и $+Q$ и $+M$.

Схема направления действия усилий $+M$:



Для получения правильных результатов, необходимо так выбирать знаки заносимых реактивных усилий, чтобы в узле сумма N и Q или M стойки и M ригеля была бы положительной.

Расчетная длина стержня №485 в плоскости YOZ составляет 5,3 м по программе Металл и 5,1 м по расчету на устойчивость в ПК STARK ES (разница 3,8%).

Полученные значения расчетных длин применяются для дальнейшего конструктивного расчета по формулам СП 16.13330.2011, в т.ч. для проверки устойчивости

Расчет элементов стальных конструкций по СП 16.13330.2011.

Проект: ustoynch Описание: Задача на устойчивость

Элемент	Комментарий	Профиль	Сталь	Проверка	Коэффициент использования
K1		I 25K2 СТО АСЧМ 20-93	C245	YNz	0.988
				UNy	0.988
				PN	0.879
				Гсжатz	0.379
				Гсжатy	0.379
				ПQy	0.002

Расчетные сочетания усилий

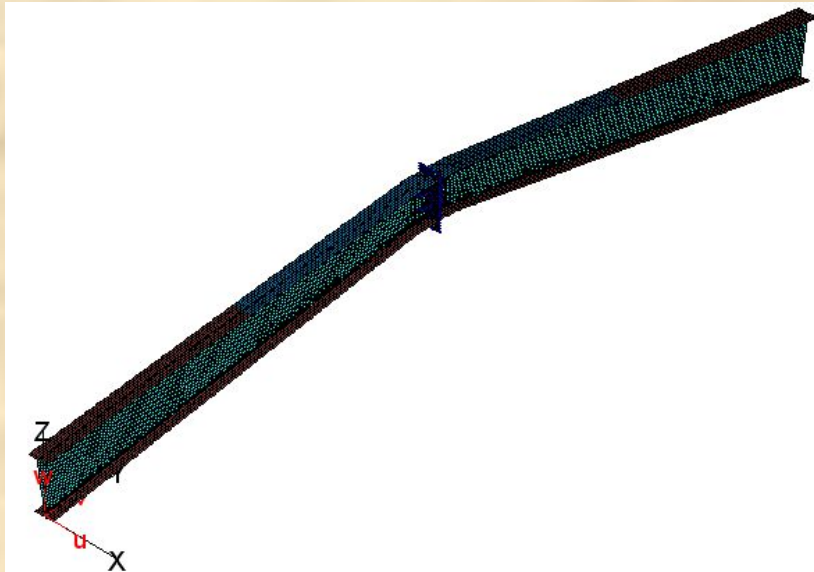
Элемент	Проверка	N, кН	Qy, кН	Qz, кН	My, кНм	Mz, кНм
K1	YNz	-1700.93	0.99	0	0	3.41
	UNy	-1700.93	0.99	0	0	3.41
	PN	-1700.93	0.99	0	0	3.41
	Гсжатz	-1704.21	0.99	0	0	-1.55
	Гсжатy	-1704.21	0.99	0	0	-1.55
	ПQy	-1704.21	0.99	0	0	-1.55

Другие данные

Элемент	Коэффициент условий работы	Эксплуатация при расчетной температуре ниже - 40°C	Допускается развитие пластических деформаций
K1	0.95	Нет	Нет

Упражнение №2 по анализу местной устойчивости и устойчивости плоской формы изгиба элементов

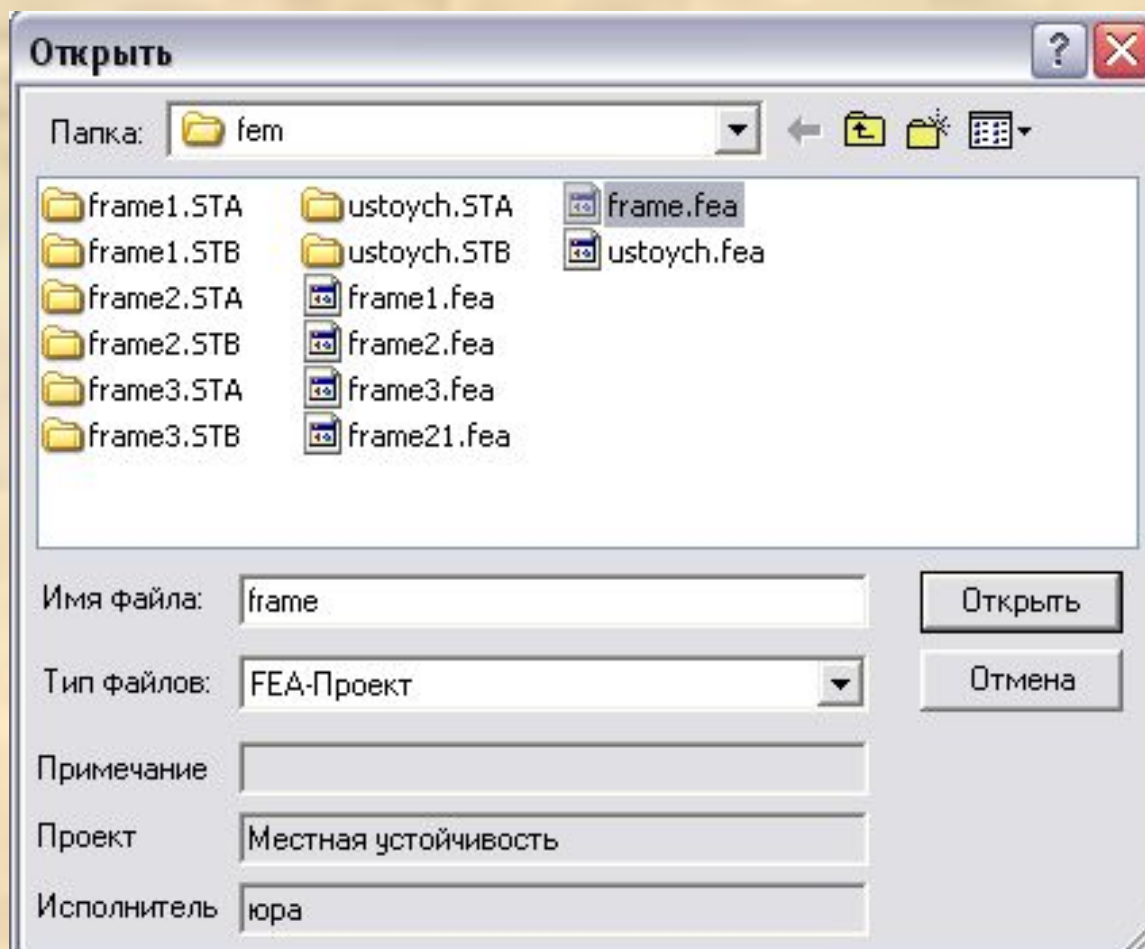
Имеется расчетная модель фрагмента балки переменного сечения с основными расчетными нагрузками (frame.fea).



Требуется:

- 1) Произвести расчет на устойчивость;
- 2) проанализировать устойчивость плоской формы изгиба балки;
- 3) принять меры для обеспечения общей устойчивости системы;
- 4) оценить местную устойчивость конструкции.

Шаг 1. Загружаем расчетную модель **frame.fea**.



Шаг 2. Производим статический линейный расчет.

Параметры расчёта

Тип расчета

☒ Статический расчет

☐ Собственные колебания

☐ Сейсмический режим

Параметры ...

☐ 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

Диагностика

☐ Проверка точности решения

☐ Проверка ортогональности

☐ Расширенная диагностика модели

Проект

Примечание

Исполнитель

ОК Отменить Помощь

Настройки ?

Общие

Тип решателя

Нормы РФ

Панели инструментов

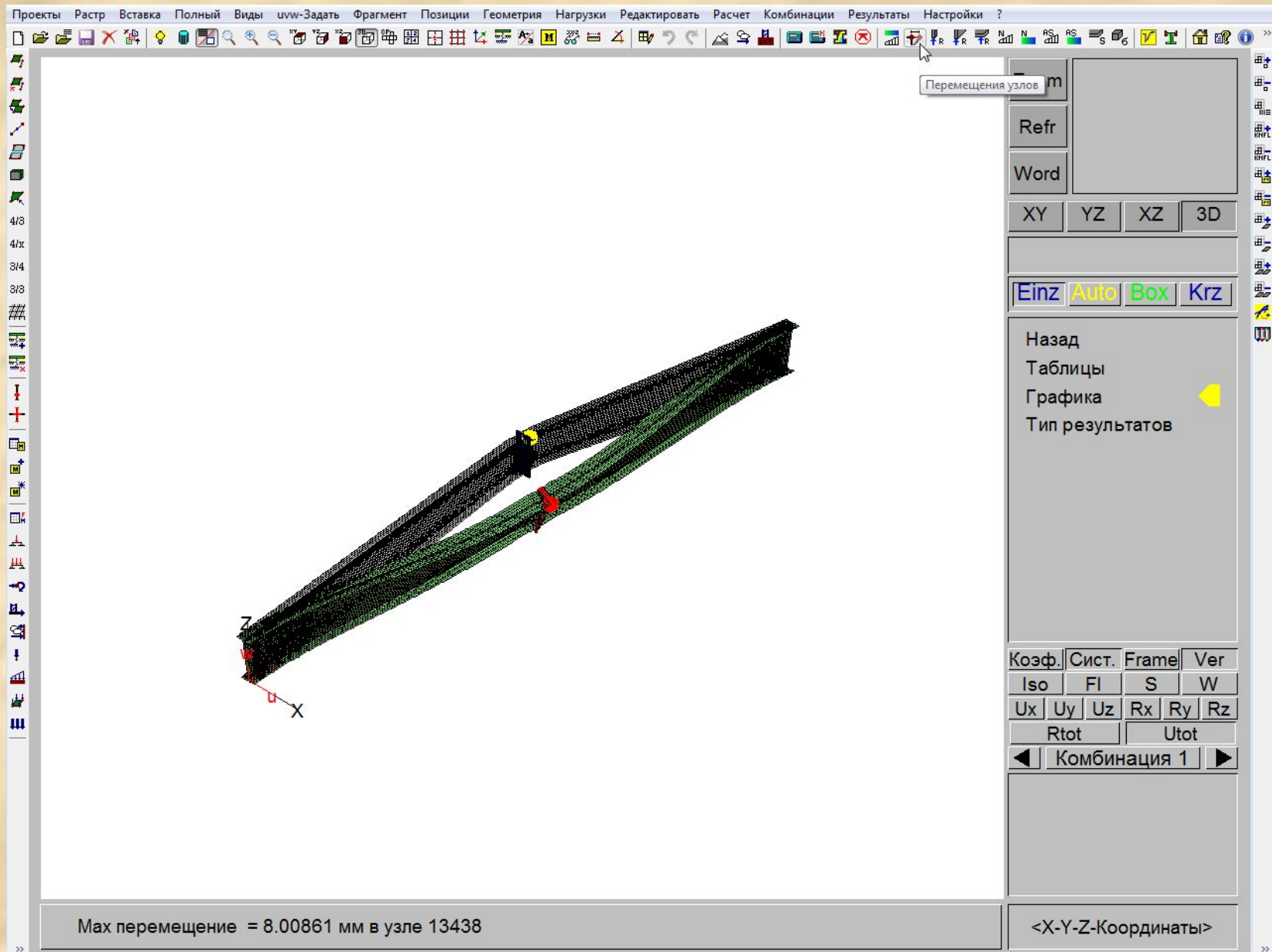
Выбор типа решателя

☐ Разреженный

☒ Фронтальный

OK Отменить

Шаг 3. Оцениваем перемещение и усилия в элементах расчетной схемы.



Шаг 4. Производим расчет на устойчивость.

Параметры расчёта

Тип расчета

☐ Статический расчет

☐ Собственные колебания

☐ Сейсмический режим

☒ Устойчивость

☐ Формирование матриц

Параметры ...

Итерационный расчет

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

OK Отменить Помощь

Настройки ?

Общие

Тип решателя

Нормы РФ

Панели инструментов

Выбор типа решателя

☐ Разреженный

☒ Фронтальный

OK

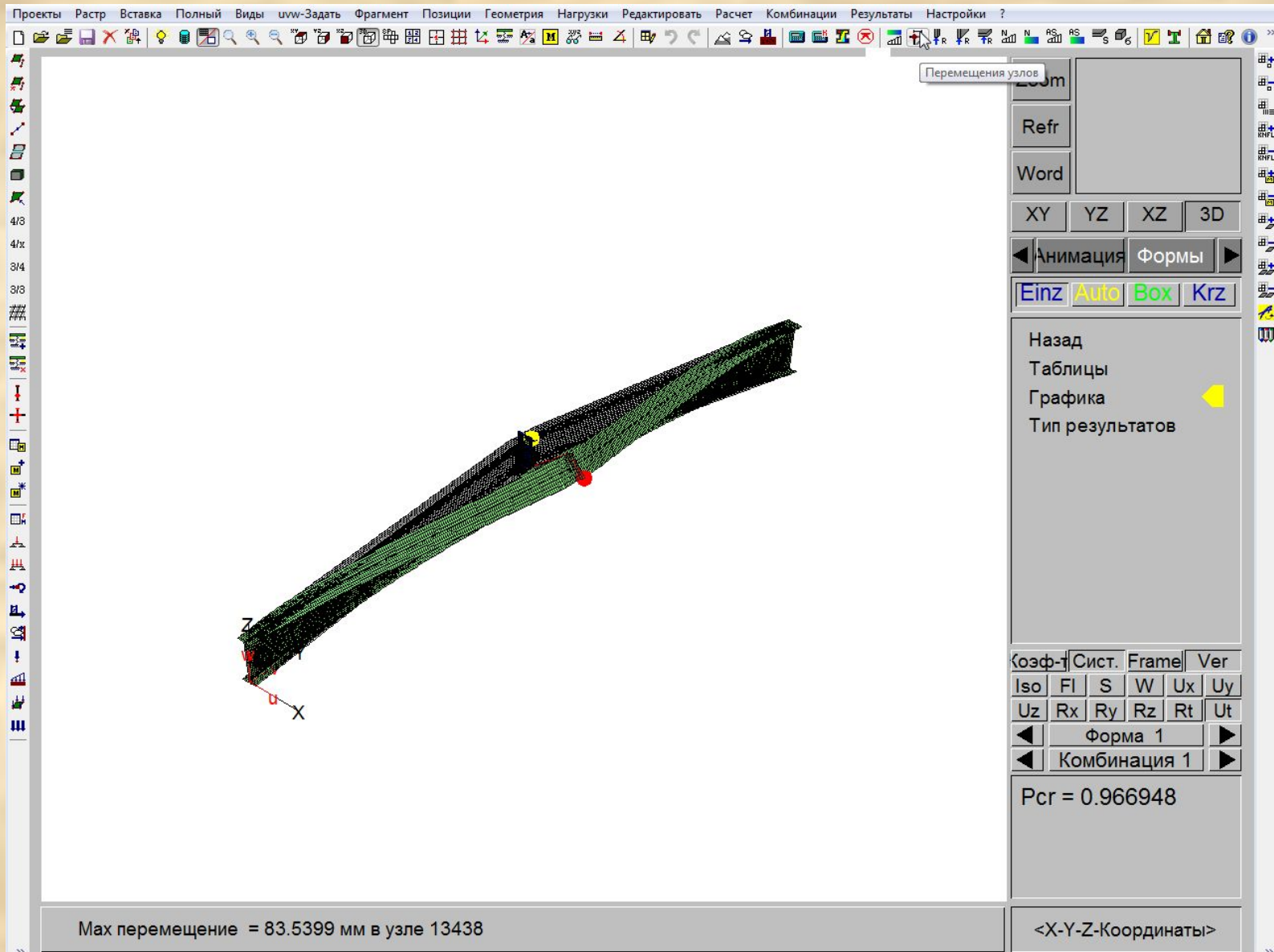
Отменить

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации | Массы | Доп. на устойчивость |

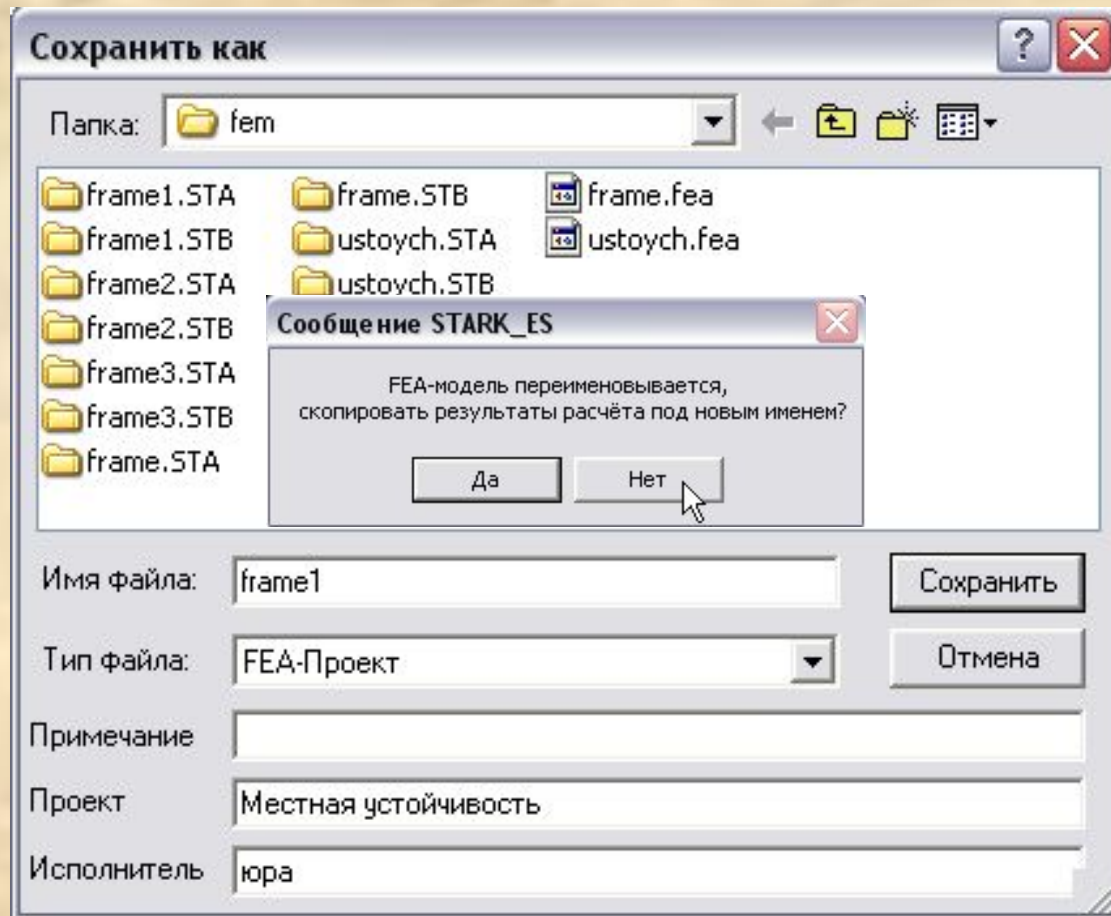
	НГ-1	НГ-2
K-1	1	1

Шаг 5. Оцениваем значение критического параметра нагрузки и характер низшей формы потери устойчивости.

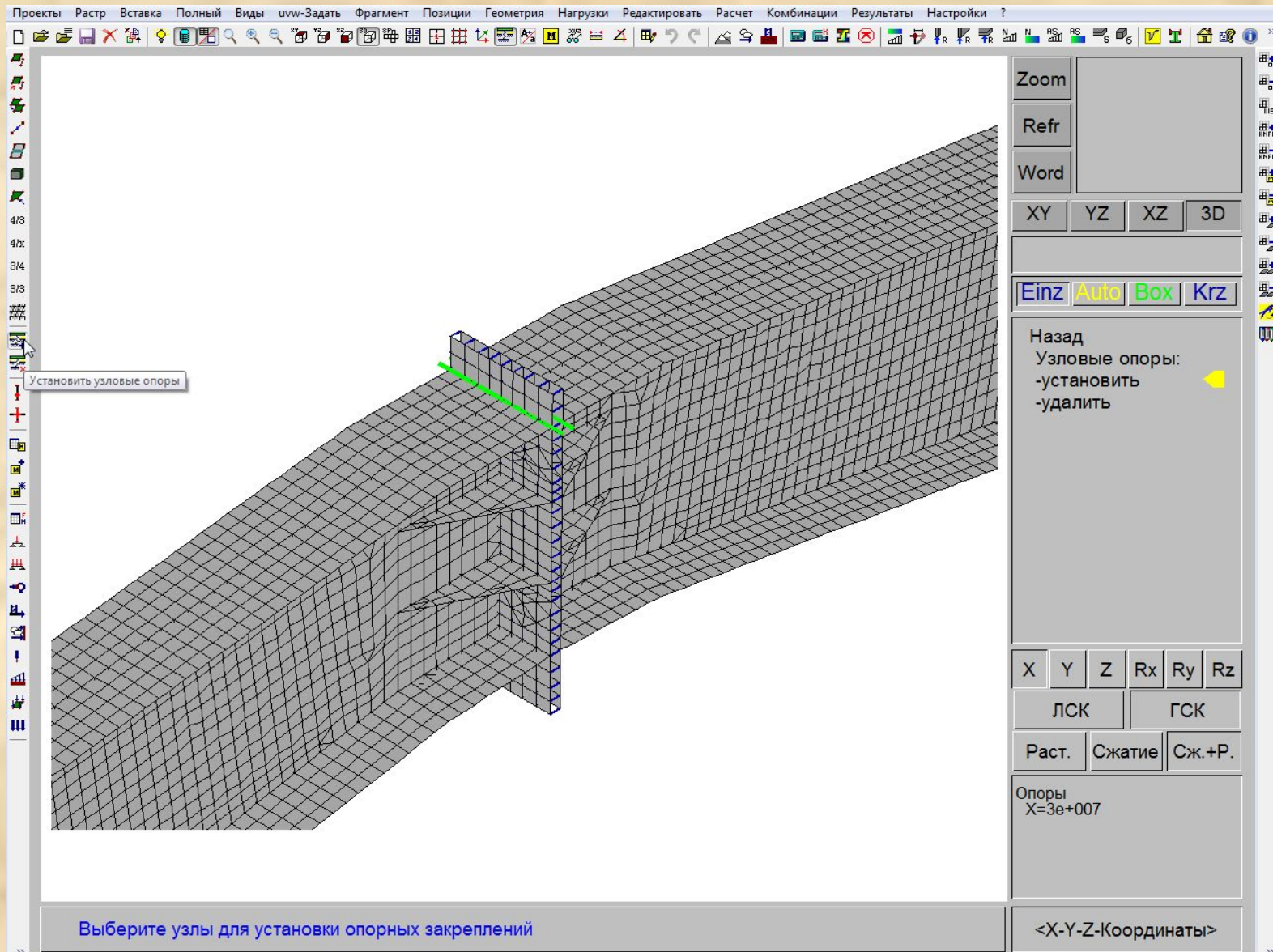


Низшая форма потери устойчивости является изгибно-крутильной

Шаг 6. Сохраняем расчетную модель под новым именем **frame1.fea**.



Шаг 7. Задаем опоры, моделирующие прогоны, для раскрепления из плоскости рамы от потери устойчивости по изгибно-крутильной форме.



Шаг 8. Производим расчет на устойчивость.

Параметры расчёта

Тип расчета

☐ Статический расчет

☐ Собственные колебания

☐ Сейсмический режим

☒ Устойчивость

☐ Формирование матриц

Параметры ...

Итерационный расчет

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

OK Отменить Помощь

Настройки ?

Общие

Тип решателя

Нормы РФ

Панели инструментов

Выбор типа решателя

☐ Разреженный

☒ Фронтальный

OK

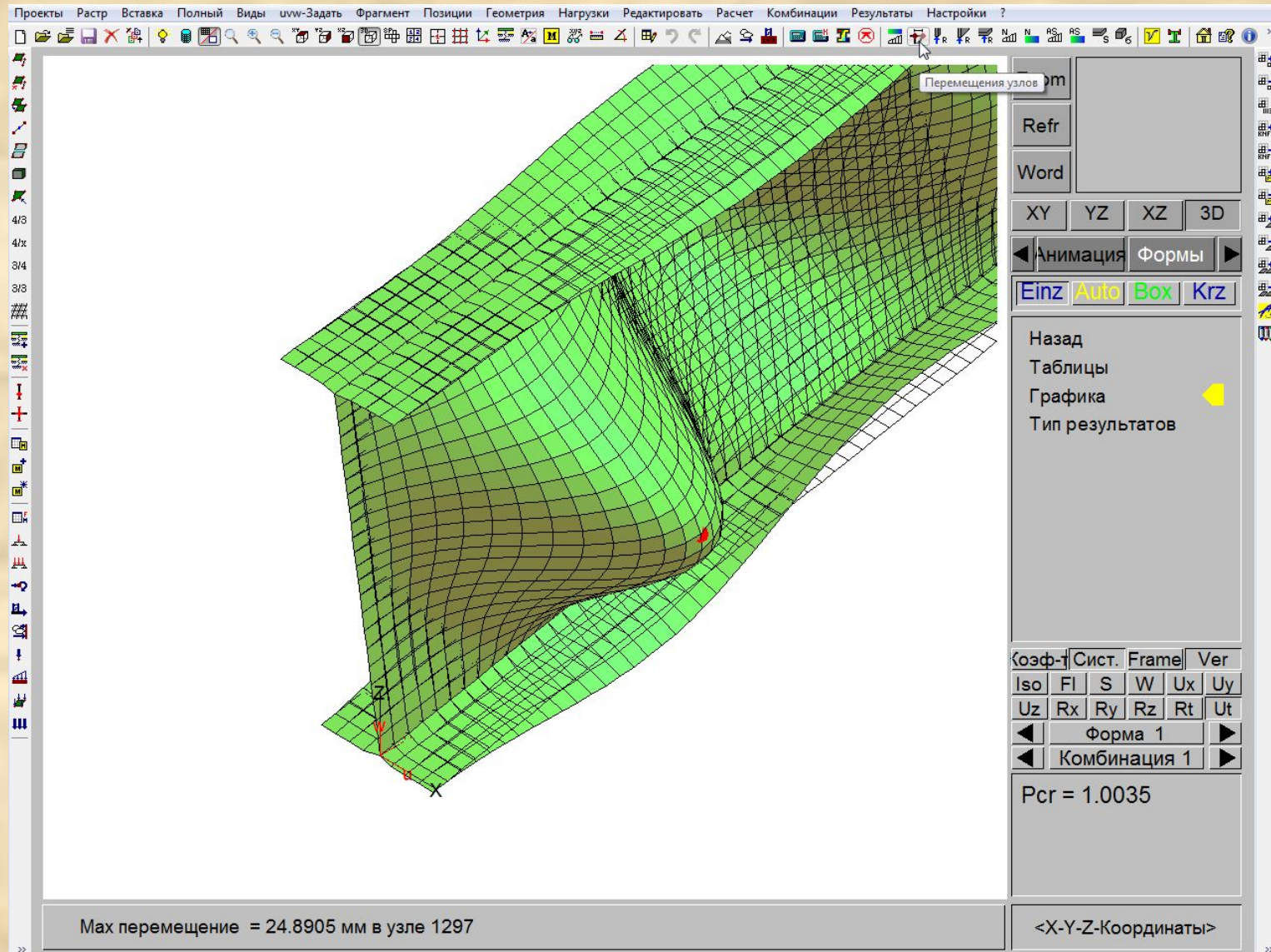
Отменить

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации | Массы | Доп. на устойчивость |

	НГ-1	НГ-2
K-1	1	1

Шаг 9. Оцениваем значение критического параметра нагрузки и местную устойчивость балки.



Для обеспечения местной устойчивости рекомендуется увеличить толщину стенки балки или установить ребра жесткости