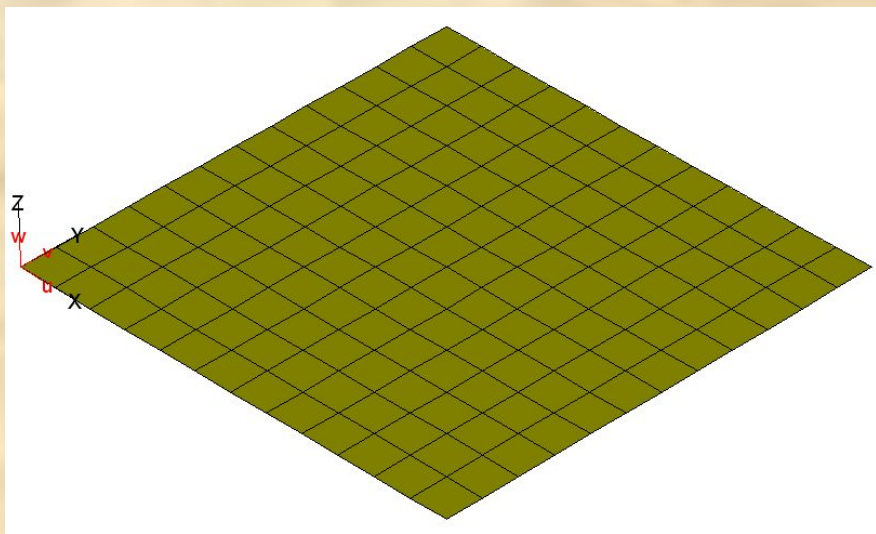


**Расчет на силовое  
динамическое воздействие  
во временной области**

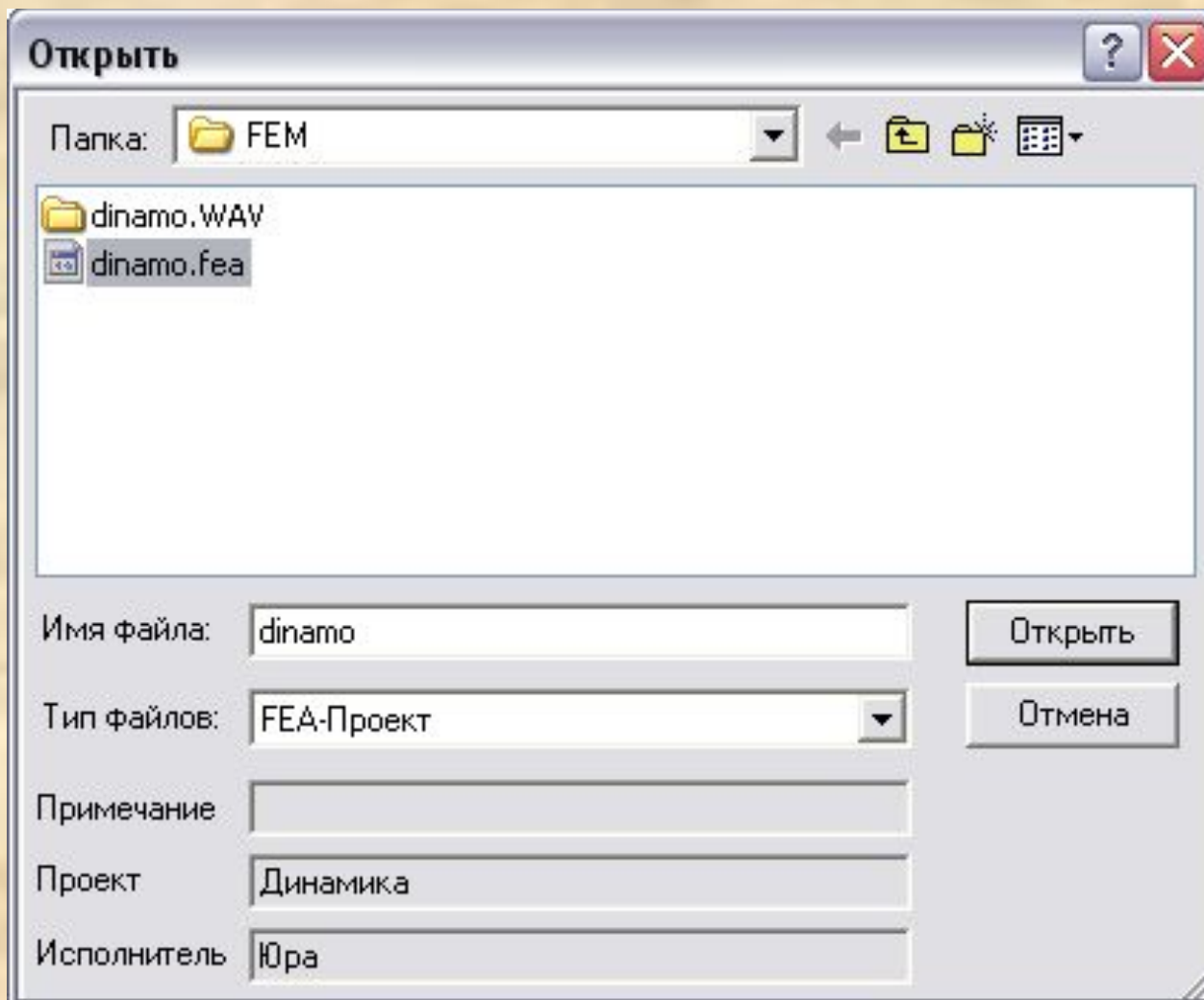
# Упражнение по расчету на силовое динамическое воздействие



Имеется расчетная модель железобетонной плиты с основными расчетными нагрузками ([dinamo.fea](#)).

Требуется выполнить расчет плиты во временной области на силовое динамическое воздействие.

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



# Шаг 2. Определяем формы и частоты собственных колебаний модели.

Параметры расчёта

Тип расчёта

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

Итерационный расчёт

Учёт нелинейности ...

Точность: 1e-006

Количество собственных форм: 10

Диапазон искомых 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

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: Динамика

Исполнитель: Юра

OK Отменить Помощь

Параметры сейсмического режима

Требуемая сумма модальных масс [%]:

Минимальный порог [%]:

Поступательное воздействие

X	0.00	1.00
Y	0.00	1.00
Z	75.00	1.00

Учёт вращательного воздействия

Вращательное воздействие

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 OK
- Фронтальный Отменить

Настройки ?

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ
- Панели инструментов

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации	Массы	Доп. на устойчивость	
	НГ-1	НГ-2	НГ-3
K-1	0.1	0.1	0.1

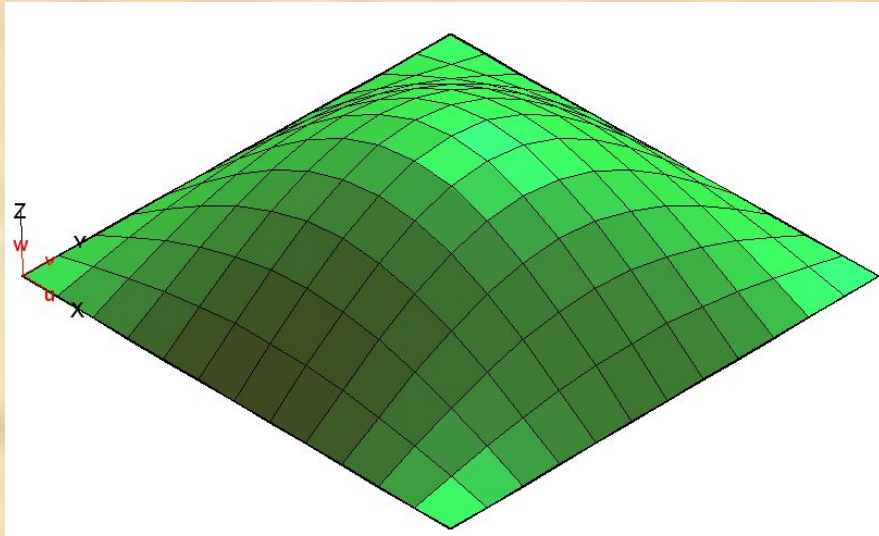


В протоколе указываются те формы колебаний, которые будут учитываться в последующем расчете, а также остаточные псевдоформы, с указанием процента модальных масс.

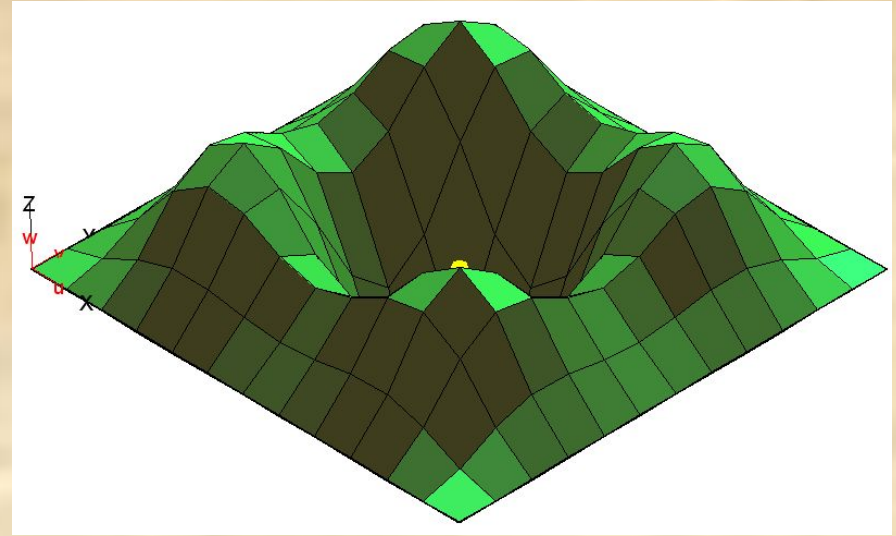
форма	Собственное значение, Гц	Mx, %	My, %	Mz, %	Отобрано
1	12.4475	0.00	0.00	65.93	да
2	31.1837	0.00	0.00	0.00	нет
3	31.1837	0.00	0.00	0.00	нет
4	49.3111	0.00	0.00	0.00	нет
5	62.4553	0.00	0.00	14.63	да
6	62.4562	0.00	0.00	0.00	нет
7	79.8816	0.00	0.00	0.00	нет
8	79.8816	0.00	0.00	0.00	нет
9	106.168	0.00	0.00	0.00	нет
10	106.168	0.00	0.00	0.00	нет
Сумма модальных масс, %					
	Кол-во собств. значений	Mx	My	Mz	
Найдено	10	0.00	0.00	80.56	
Отобрано	2	0.00	0.00	80.56	
Исключено	8	0.00	0.00	0.00	
Операция сдвига на 0 Гц.					
Кол-во собств. значений слева от 0 Гц : 0					
форма	Собственное значение, Гц	Mx, %	My, %	Mz, %	Доп. учтено
***	243.002	75.47	0.00	0.00	да
***	243.002	0.00	75.47	0.00	да
***	153.334	0.00	0.00	7.61	да
Сумма модальных масс, %					
	Кол-во собств. значений	Mx	My	Mz	
Найдено	10	0.00	0.00	80.56	
Отобрано	2	0.00	0.00	80.56	
Исключено	8	0.00	0.00	0.00	
Доп. учтено	3	75.47	75.47	7.61	
Всего учтено	5	75.47	75.47	88.17	

# Шаг 3. Выполняем анализ форм колебаний.

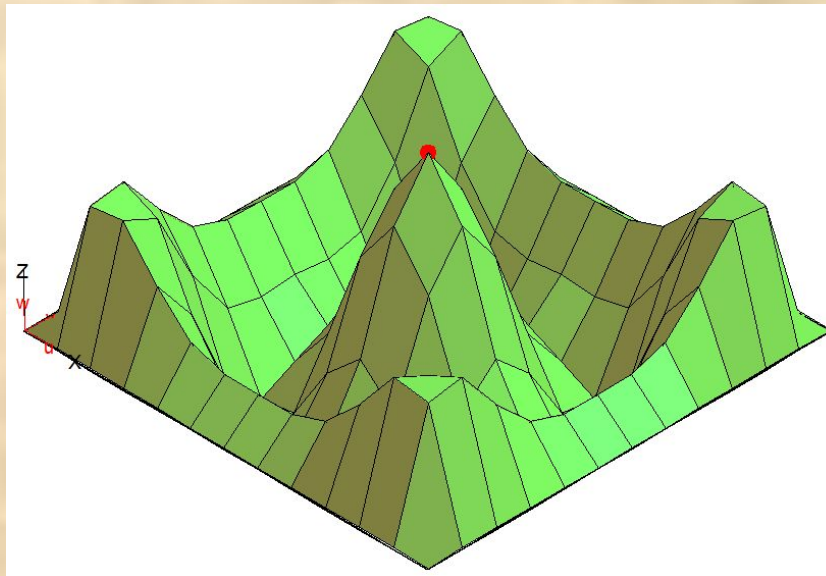
Форма 1



Форма 2



Форма 5



# Шаг 4. Выводим и оцениваем периоды и частоты собственных форм колебаний плиты.

The screenshot displays a software interface with a menu bar at the top containing: Проекты, Растр, Вставка, Полный, Виды, uvw-Задать, Фрагмент, Позиции, Геометрия, Нагрузки, Редактировать, Расчет, Комбинации, Результаты, and Настройки. A dropdown menu under 'Результаты' is open, showing options: Таблицы, Графика, and Тип результатов.

In the top-left corner, a table titled 'Собственные частоты' (Natural Frequencies) is shown:

форма	W рад/с	f Гц	T с
1	78.21	12.45	0.08
2	392.42	62.46	0.02
3	1526.82	243.00	0.00
4	1526.82	243.00	0.00
5	963.43	153.33	0.01

The main workspace shows a 3D perspective view of a rectangular plate with a grid of nodes. A coordinate system is visible with axes labeled X, Y, and Z. A dialog box titled 'Вывести в Word/Viewer' (Export to Word/Viewer) is open in the center. It contains the following options:

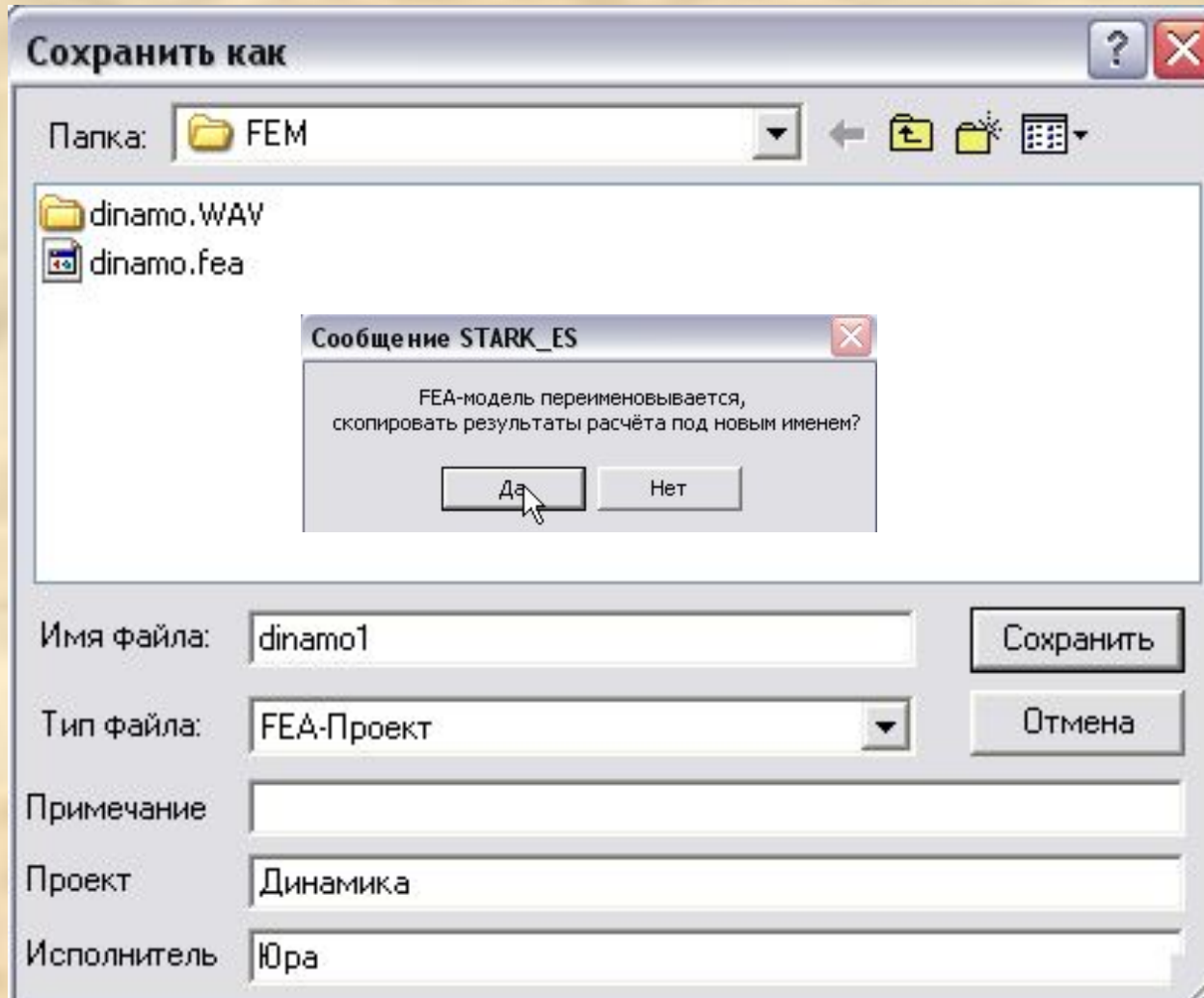
- Выбор информации для вывода (Selection of information for output):
  - Вывести всё (Export all)
  - Отмеченное в графическом окне (Marked in the graphical window)
  - Выбрать по номеру (узла/элемента) (Select by number (node/element))
- Введите номера или границы узлов (элементов) для показа через запятую, без пробелов. Например, 1,5-12,17 (Enter node or element numbers or boundaries for display, separated by commas, no spaces. Example: 1,5-12,17)
- Вывести в (Export to):
  - Viewer
  - Word
  - Создать новый документ (Create new document)

Buttons at the bottom of the dialog are 'OK', 'Отменить' (Cancel), and 'Помощь' (Help).

On the right side of the interface, there is a vertical toolbar with buttons: Zoom, Refr, Word, XY, YZ, XZ, 3D, Einz, Auto, Box, Krz, and a set of navigation buttons: Назад, Таблицы, Графика, and Тип результатов. At the bottom right, there are buttons: Отметить, Отменить, and Вывести. A status bar at the bottom contains the text 'Отметьте узлы, которые нужно включить в группу' (Mark nodes to include in the group) and '<X-Y-Z-Координаты>' (<X-Y-Z-Coordinates>).

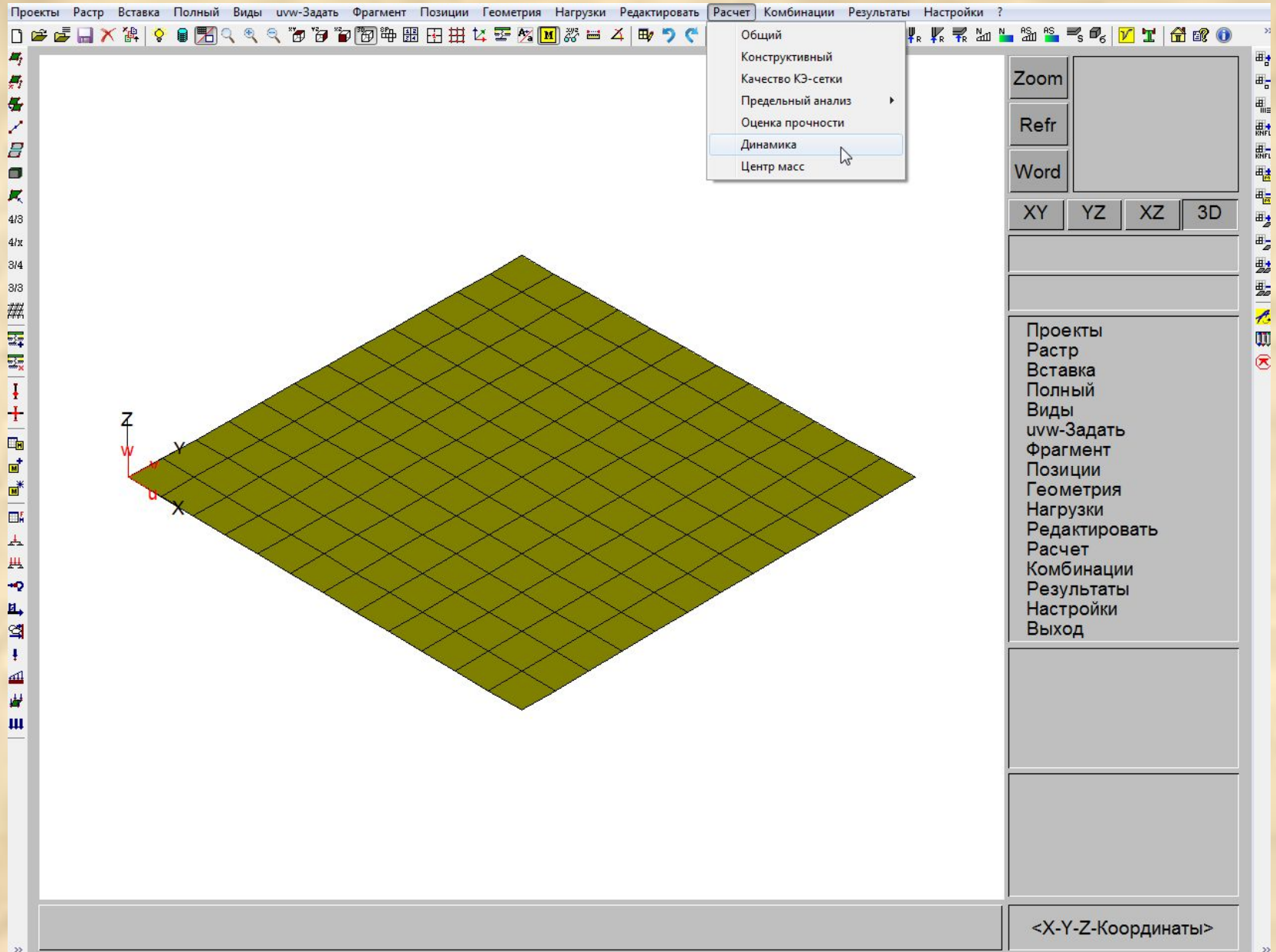


## Шаг 5. Сохраняем расчетную модель под новым именем **dinamo1.fea**.





# Шаг 6. Выполняем расчет на силовое динамическое воздействие.



# Описываем компоненты динамического воздействия (допускается копирование табличных значений)

Динамическое воздействие (силовое)

Группы нагрузок

Группы узлов: Данные по воздействию:

--	--

Добавить      Выбрать

Изменить      Создать

Удалить

Параметры расчета

Демпфирование

Форма	%
1	5
2	5
3	0
4	0
5	0

Количество учитываемых форм: 5

Амплитуда: 10

Интервал интегрирования: 0.5

Шаг выдачи (с): 0.001

Учет демпферов

Реакция

Отменить

Помощь

Задать данные по воздействию

Сохранить dh2-файл      Выбрать dh2-файл

Время воздействия: 0.05 с      Изменить время ...

Шаг: 0.05 с      Изменить шаг ...

T [с]	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
0	0	0	0	0	0	0
0.05	0	0	0	0	0	0

Px, Py, Pz - [кН]    Mx, My, Mz - [кНм]    Добавить    Удалить

max=0.000, t=0.050

min=0.000, t=0.050

Показать компоненты

Px     Py     Pz

Mx     My     Mz

OK

Отменить

Помощь

# Выбираем узлы, к которым приложено динамическое воздействие

Динамическое воздействие (силовое) ✕

Группы нагрузок

Группы узлов: Данные по воздействию:

--	--

**Добавить** **Изменить** **Удалить** **Выбрать** **Создать**

Параметры расчета

Демпфирование

Форма	%
1	5
2	5
3	0
4	0
5	0

Количество учитываемых форм:

Амплитуда:

Интервал интегрирования:

Шаг выдачи (с):

Учет демпферов

**Реакция** **Отменить** **Помощь**

Задание группы элементов ✕

Номера элементов в группе

первый	последний	шаг

**OK** **Отменить** **Помощь** **Выбор в графике** **Удалить** **Очистить**

# Выбираем узлы, к которым приложено динамическое воздействие

The image shows a screenshot of a finite element software interface. The main window displays a 3D grid of nodes. A central diamond-shaped region of nodes is highlighted with red dots, indicating the selection of nodes for dynamic analysis. 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 vertical toolbar with icons for zooming, refreshing, and other functions. The bottom status bar contains the text "Отметьте узлы для расчета" and "<X-Y-Z-Координаты>".

Zoom  
Refr  
Word  
XY YZ XZ 3D  
Einz Auto Box Krz  
Назад  
Общий  
Конструктивный  
Качество КЭ-сетки  
Предельный анализ  
Оценка прочности  
Динамика  
Центр масс

Отметить  
Отменить  
Расчет

Отметьте узлы для расчета

<X-Y-Z-Координаты>



# Задаем данные по динамическому воздействию

Динамическое воздействие (силовое) ☒

Группы нагрузок

Группы узлов: Данные по воздействию:

Группа 1  
Файл dn2 не задан

Добавить      Выбрать  
Изменить      Создать  
Удалить

Параметры расчета

Демпфирование

Форма	%
1	5
2	5
3	0
4	0
5	0

Количество учитываемых форм: 5

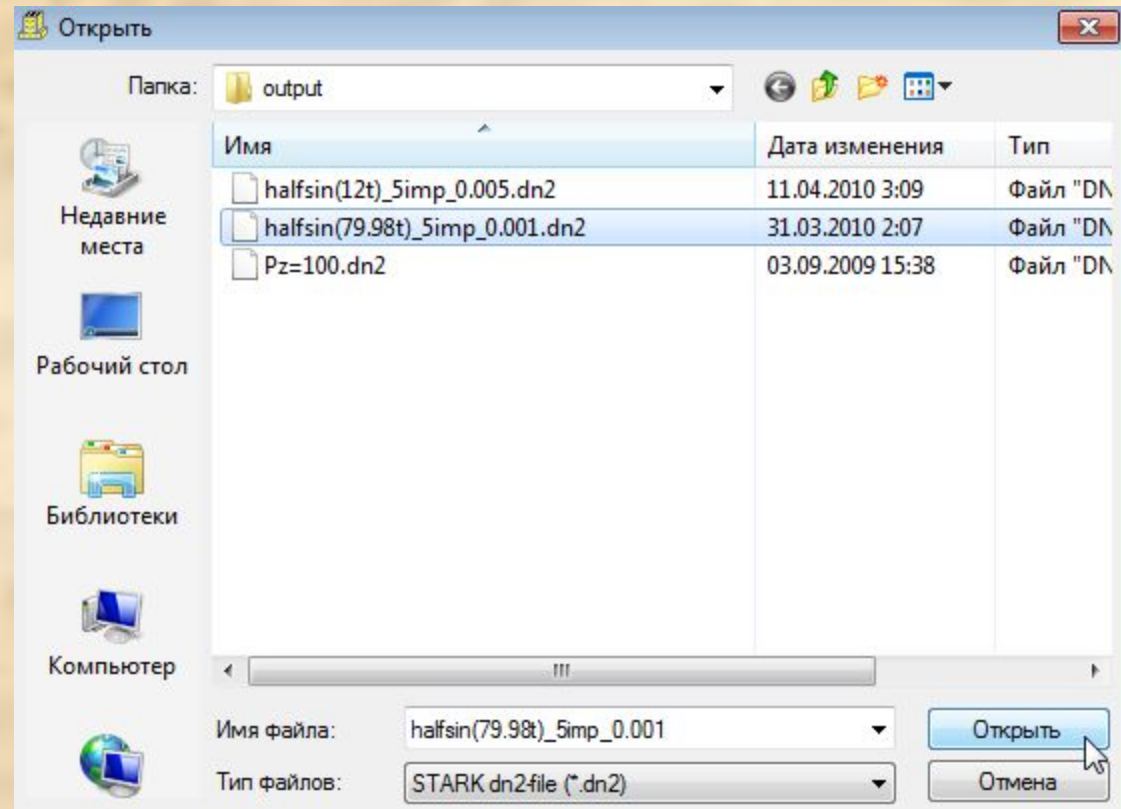
Амплитуда: 10

Интервал интегрирования: 0.5

Шаг выдачи (с): 0.001

Учет демпферов

Реакция  
Отменить  
Помощь



# Задаем данные по динамическому воздействию

Динамическое воздействие (силовое)

Группы нагрузок

Группы узлов: Данные по воздействию:

Группа 1	halfsin(79.98t)_5imp_0.001.dn2
----------	--------------------------------

Добавить      Выбрать

Изменить      Создать

Удалить

Параметры расчета

Демпфирование

Форма	%
1	5
2	5
3	5
4	5
5	5

Количество учитываемых форм: 5

Амплитуда: 10

Интервал интегрирования: 0.5

Шаг выдачи (с): 0.001

Учет демпферов

Реакция

Отменить

Помощь

Выбрать данные по воздействию

G:\prj\ДонКурcSTARK\1-2.Seismic\Dynamic\output\halfsin(79.98t)\_5imp

Время воздействия: 0.360 с      Выбрать dn2-файл

Шаг: 0.001 с

T [c]	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
0.000	0	0	0	0	0	0
0.001	0	0	0.078...	0	0	0
0.002	0	0	0.157...	0	0	0
0.003	0	0	0.2347	0	0	0
0.004	0	0	0.310...	0	0	0
0.005	0	0	0.384...	0	0	0
0.006	0	0	0.456...	0	0	0
0.007	0	0	0.525...	0	0	0
0.008	0	0	0.590...	0	0	0
0.009	0	0	0.652...	0	0	0

Px, Py, Pz - [кН]    Mx, My, Mz - [кНм]

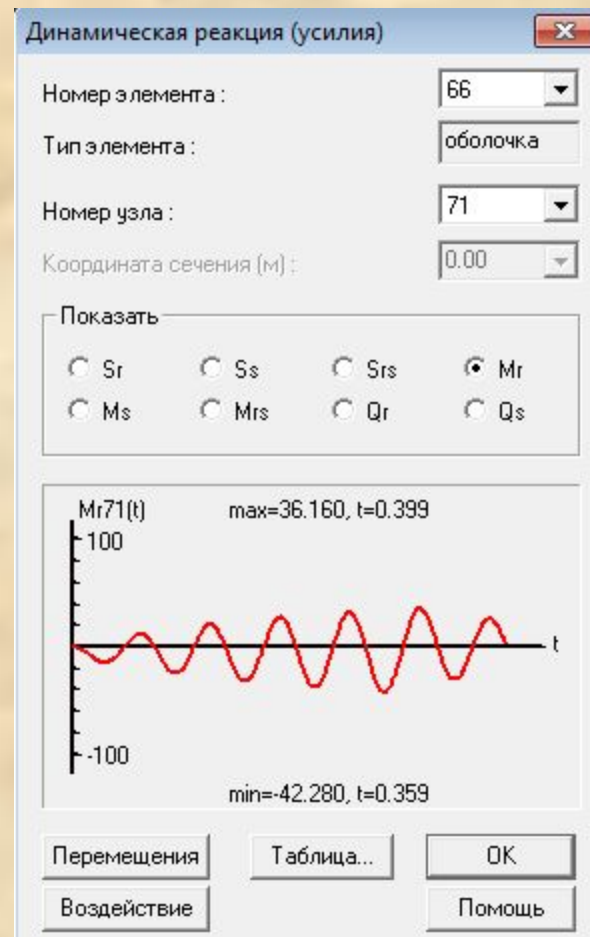
OK

Отменить

Помощь

Показать компоненты:  Px  Py  Pz  Mx  My  Mz

# Получаем реакцию во временной области (перемещения, скорость, ускорения и усилия)



## Шаг 7. Производим статический расчет модели.

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

Проект

Примечание

Исполнитель

OK Отменить Помощь

Настройки ?

- Общие
- Тип решателя
- Нормы РФ
- Панели инструментов

Выбор типа решателя

- Разреженный
- Фронтальный

OK Отменить



# Шаг 8. Производим оценку прочности с учетом реакции во временной области.

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

Zoom  
Refr  
Word  
XY YZ XZ 3D  
Назад  
Общий  
Конструктивный  
Качество КЭ-сетки  
Предельный анализ  
Оценка прочности  
Динамика  
Центр масс  
<X-Y-Z-Координаты>

Оценка прочности элементов

Группы	Область прочности
Группа пластин 1	рассчитана

Добавить группу стержней  
Добавить группу пластин  
Изменить  
Удалить

Область прочности  
Задать... Рассчитать (ЖБК) ...  
 учет динамики во времени  
Коэффициент 1.00  
Расчет ОК Отменить Помощь

# Задаем данные для определения области прочности ПЛИТЫ

Задание данных для расчета области прочности пластин

Толщина пластины  см

СП 63.13330.2012

Бетон тяжелый

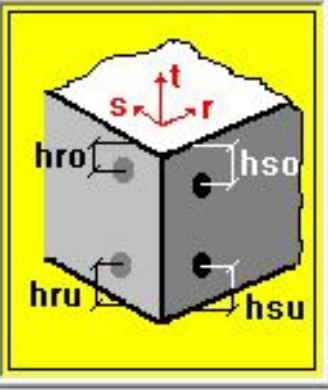
Класс

Gb

Арматура

Класс

Gs



Площадь арматуры:		Защитный слой:	
Asro	<input type="text" value="5.65"/> см <sup>2</sup> /м	hro	<input type="text" value="2.00"/> см
Asso	<input type="text" value="5.65"/> см <sup>2</sup> /м	hso	<input type="text" value="3.00"/> см
Asru	<input type="text" value="5.65"/> см <sup>2</sup> /м	hru	<input type="text" value="2.00"/> см
Assu	<input type="text" value="5.65"/> см <sup>2</sup> /м	hsu	<input type="text" value="3.00"/> см

Расчет площади арматуры

Диаметр арматуры  мм

Шаг  мм

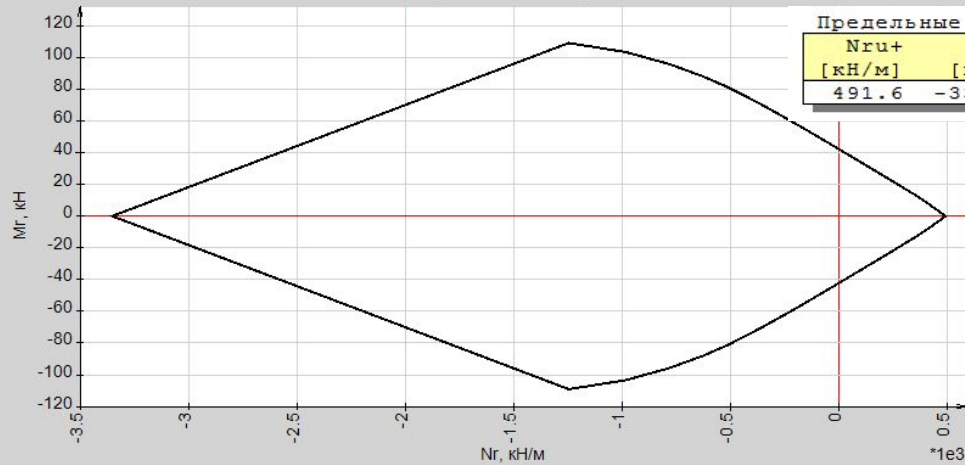
# Анализируем область прочности и получаем предельные значения усилий

SR Расчетная область прочности сечения

Помощь

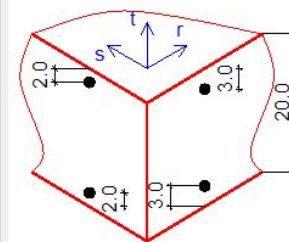
Геометрия ж/б пластины

Область прочности для направления R



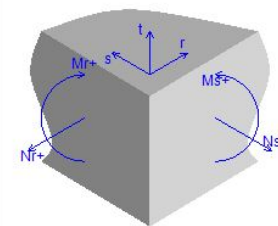
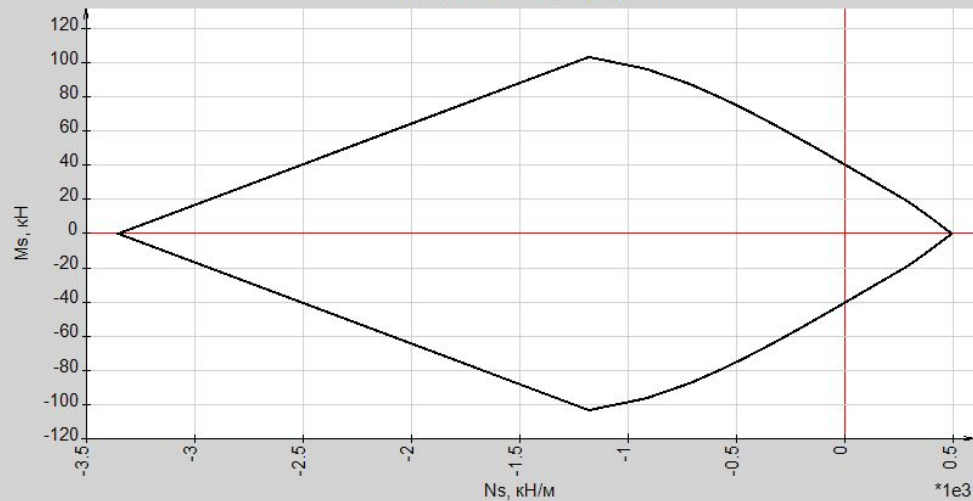
Предельные значения усилий при раздельном действии

Nru+	Nru-	Mru+	Mru-	Nsu+	Nsu-	Msu+	Msu-
[кН/м]	[кН/м]	[кН]	[кН]	[кН/м]	[кН/м]	[кН]	[кН]
491.6	-3352.0	42.1	-42.1	491.6	-3352.0	40.3	-40.3



Направление действия положительных усилий

Область прочности для направления S



Создать отчет

# Оцениваем прочность плиты

Результаты расчета

Изображение результатов

- цветное (6 цветов)
- цветное (2 цвета)
- числовое

Элементы для показа

- Все
- С недостаточной прочностью

Номер комбинации

1

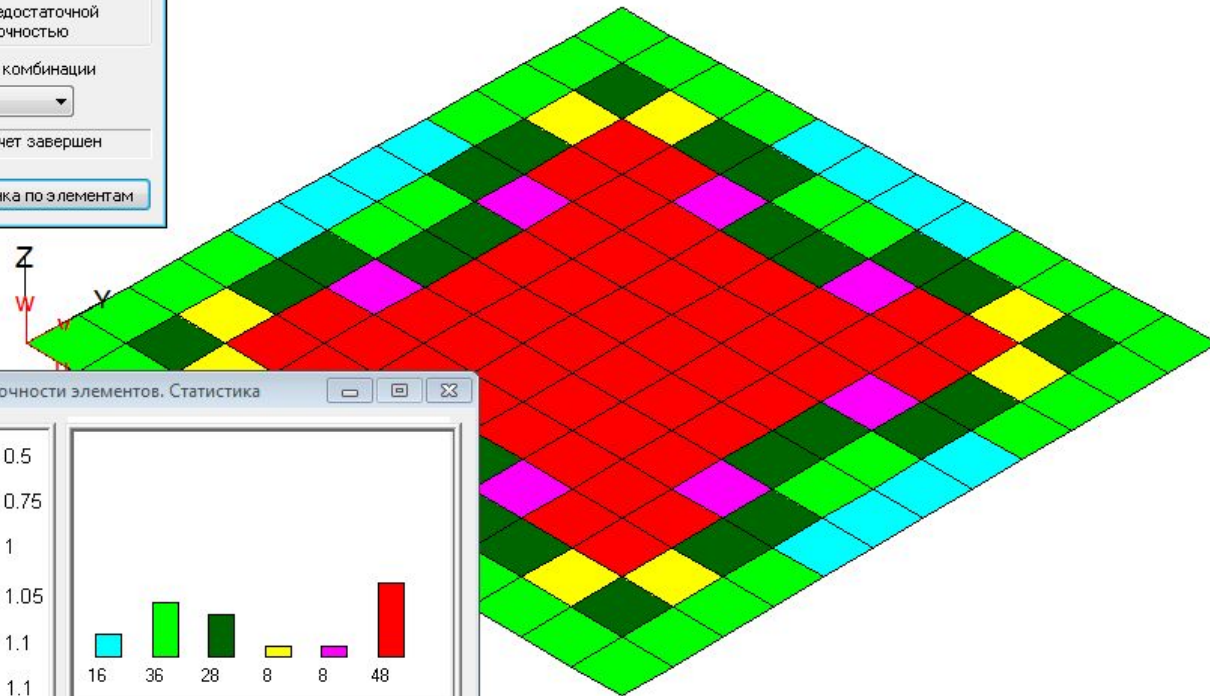
Расчет завершен

Статистика по элементам

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации | Массы | Доп. на устойчивость

	НГ-1	НГ-2	НГ-3
К-1	1	1	1



Прочность плиты не обеспечена

Оценка прочности элементов. Статистика

	$\leq 0.5$
	$\leq 0.75$
	$\leq 1$
	$\leq 1.05$
	$\leq 1.1$
	$> 1.1$

Номер комбинации

1

Максимальное значение коэффициента прочности

Номер элемента

в комбинации	по всем комбинациям
1.3358	1.3358

Ввод...



# Шаг 9. Усиливаем плиту и производим оценку прочности с учетом реакции во временной области.

The screenshot displays a software interface for structural analysis. The main window shows a 3D mesh of a plate structure with a coordinate system (X, Y, Z) and displacement vectors (u, v, w). A dialog box titled "Оценка прочности элементов" (Strength Evaluation of Elements) is open, showing the following details:

- Группы (Groups):** "Группа пластин 1" (Plate Group 1)
- Область прочности (Strength Area):** "рассчитана" (calculated)
- Buttons:** "Добавить группу стержней" (Add rod group), "Добавить группу пластин" (Add plate group), "Изменить" (Change), "Удалить" (Delete), "Задать..." (Specify...), "Рассчитать (ЖБК)..." (Calculate (FEM)...) - highlighted by the mouse.
- Options:**  "учет динамики во времени" (time dynamics), "Коэффициент" (Coefficient) 1.00
- Bottom Buttons:** "Расчет" (Calculate), "ОК", "Отменить" (Cancel), "Помощь" (Help)

On the right side of the interface, there is a vertical menu with the following options:

- Zoom
- Refr
- Word
- XY | YZ | XZ | 3D
- Назад (Back)
- Общий (General)
- Конструктивный (Constructive)
- Качество КЭ-сетки (Mesh Quality)
- Предельный анализ (Limit Analysis)
- Оценка прочности (Strength Evaluation) - highlighted with a yellow arrow
- Динамика (Dynamics)
- Центр масс (Center of Mass)

At the bottom right, there is a label "<X-Y-Z-Координаты>" (X-Y-Z Coordinates).

# Задаем данные для определения области прочности плиты

Задание данных для расчета области прочности пластин

Толщина пластины  см

OK

Отменить

СП 63.13330.2012

Бетон тяжелый

Класс

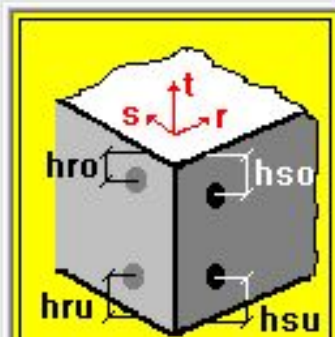
Арматура

Класс

Gb

Gs

Просмотр области прочности



Площадь арматуры:

Asro  см<sup>2</sup>/м

Asso  см<sup>2</sup>/м

Asru  см<sup>2</sup>/м

Assu  см<sup>2</sup>/м

Защитный слой:

hro  см

hso  см

hru  см

hsu  см

Расчет площади арматуры

Диаметр арматуры  мм

Шаг  мм

OK

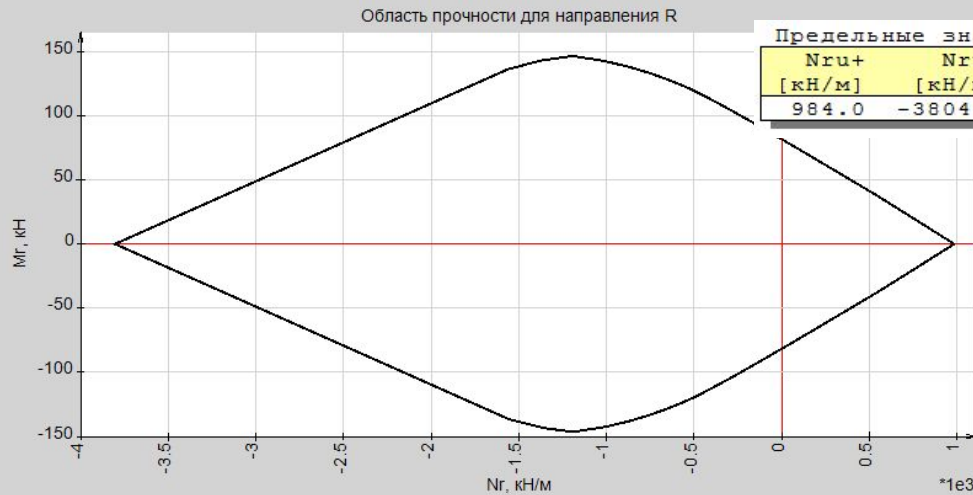
Отменить

# Анализируем область прочности и получаем предельные значения усилий

SR Расчетная область прочности сечения

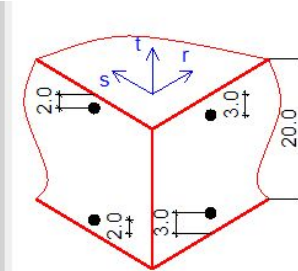
Помощь

Геометрия ж/б пластины

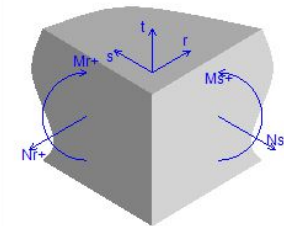
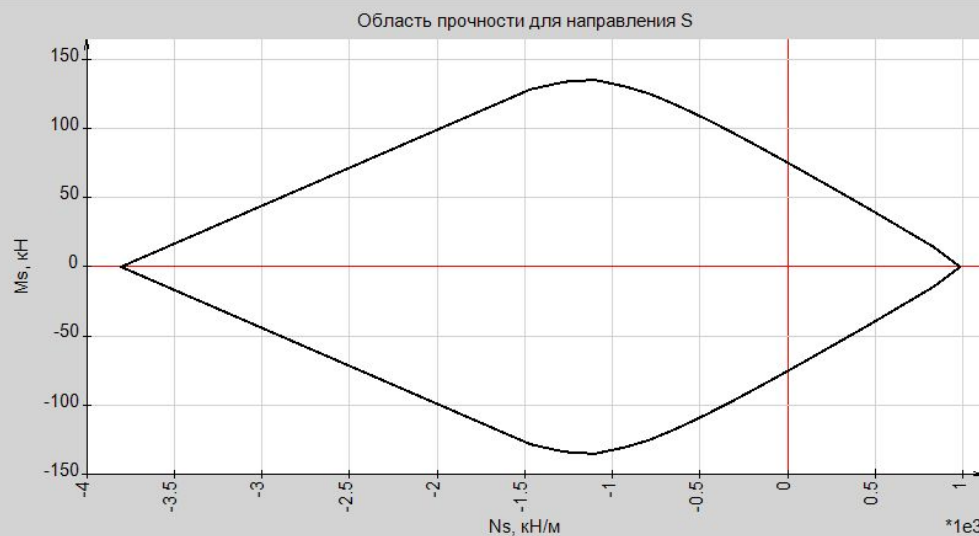


Предельные значения усилий при раздельном действии

Nru+	Nru-	Mru+	Mru-	Nsu+	Nsu-	Msu+	Msu-
[кН/м]	[кН/м]	[кН]	[кН]	[кН/м]	[кН/м]	[кН]	[кН]
984.0	-3804.8	81.6	-81.6	984.0	-3804.8	75.4	-75.4



Направление действия положительных усилий



Создать отчет

# Оцениваем прочность плиты

Результаты расчета

Изображение результатов

- цветовое (6 цветов)
- цветовое (2 цвета)
- числовое

Элементы для показа

- Все
- С недостаточной прочностью

Номер комбинации

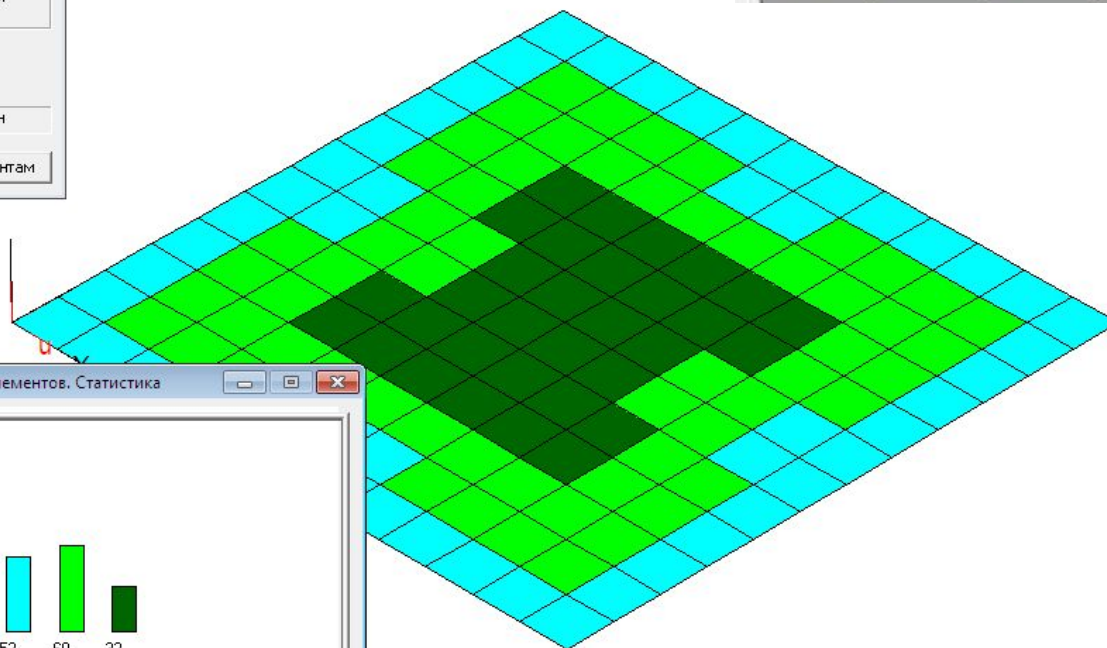
1

Расчет завершен

Статистика по элементам

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации	Массы	Доп. на устойчивость	
	НГ-1	НГ-2	НГ-3
К-1	1	1	1



Оценка прочности элементов. Статистика

	<= 0.5
	<= 0.75
	<= 1
	<= 1.05
	<= 1.1
	> 1.1

52 60 32

Номер комбинации

Номер элемента

66

Ввод...

Максимальное значение коэф. прочности

в комбинации	по всем комбинациям
0.8612	0.8612

Прочность плиты обеспечена