

Знакомство с МКЭ подсистемой

СтадиКон (СДК)

Анализ реакции линейно-упругого  
грунта



## **Содержание**

Содержание .....	2
1.    Описание задачи .....	3
2.    Конечно-элементный FEA-проект .....	5
2.1.    Геометрия .....	5
2.2.    Материал .....	9
2.3.    Установка связей .....	11
2.4.    Расчет .....	12

## 1. Описание задачи

В данном примере проводится анализ линейно-упругого грунта, подверженного сейсмическим колебаниям. Приложенное к основанию модели колебательное движение грунта соответствует зафиксированному сильному колебанию на станции 286 Геологической службы США (основанной на гранитной породе) во время землетрясения в Имперской долине (15.10.1979). Как показано на рисунке 1.1, зафиксированное пиковое ускорение составляет  $1.07 \text{ м/с}^2$ .

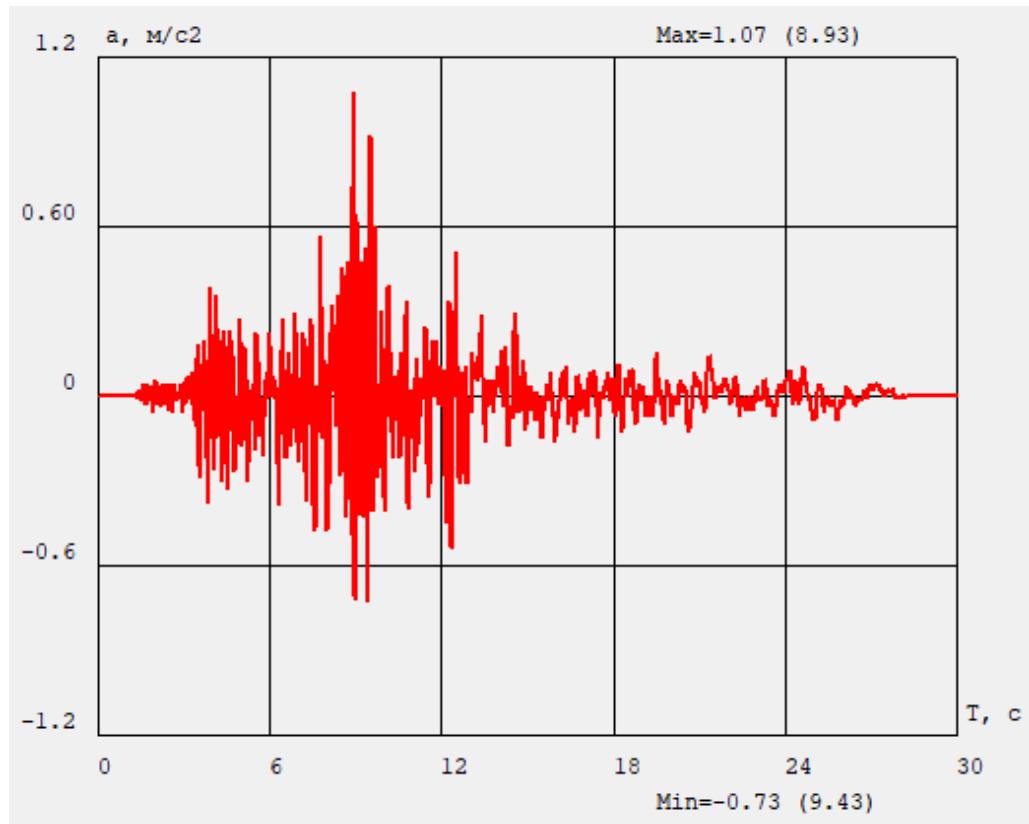


Рис. 1.1 – Используемая акселерограмма.

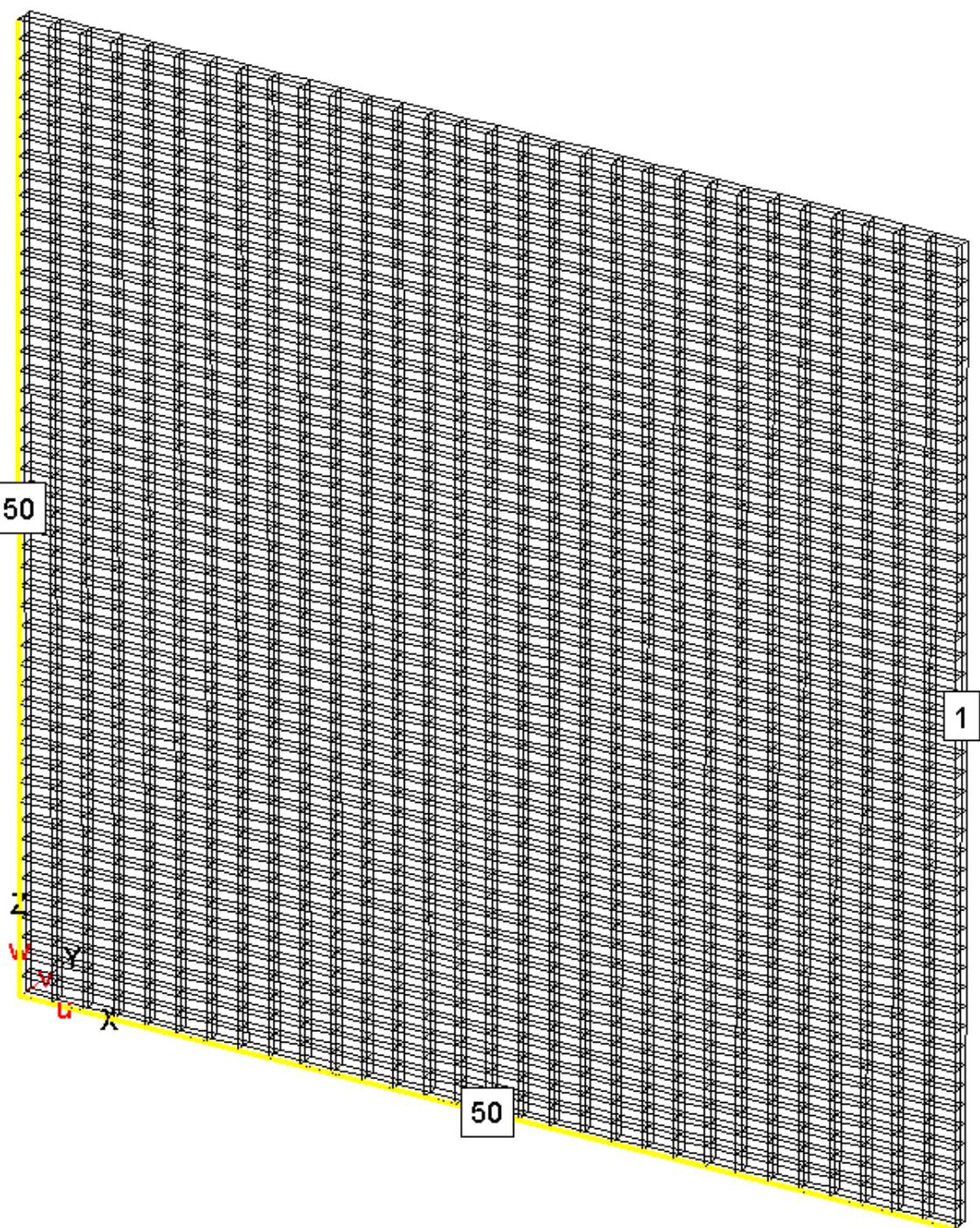


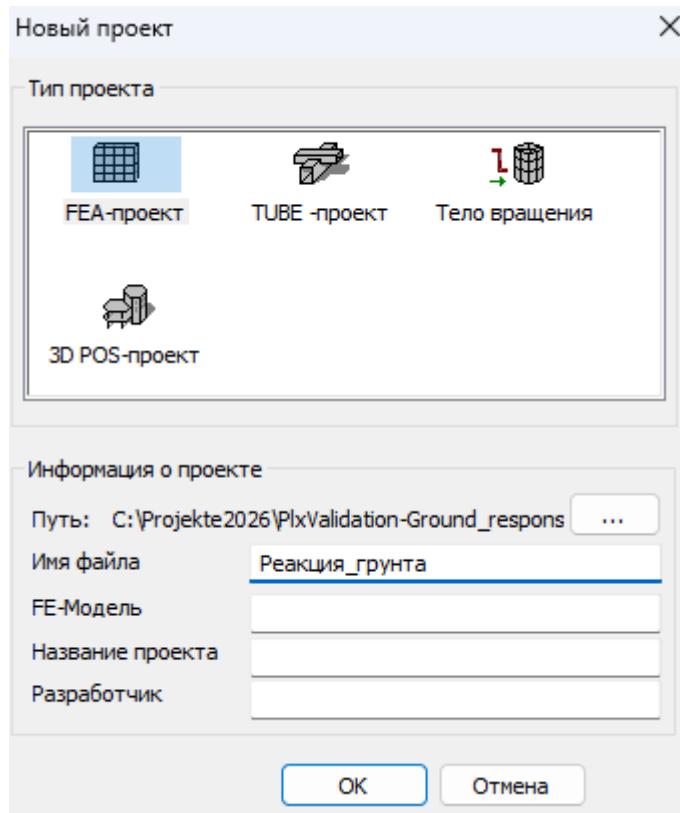
Рис. 1.2 – Геометрия модели.

Свойства материала:

- модуль упругости  $E = 488110$  кН/м<sup>2</sup>
- коэффициент Пуассона  $\nu = 0.33$
- плотность  $\rho = 20$  кН/м<sup>3</sup>  $\approx 2.0394$  т/м<sup>3</sup>
- коэффициент демпфирования для массы  $Cm = 1.257$
- коэффициент демпфирования для жесткости  $Ck = 0.002829$

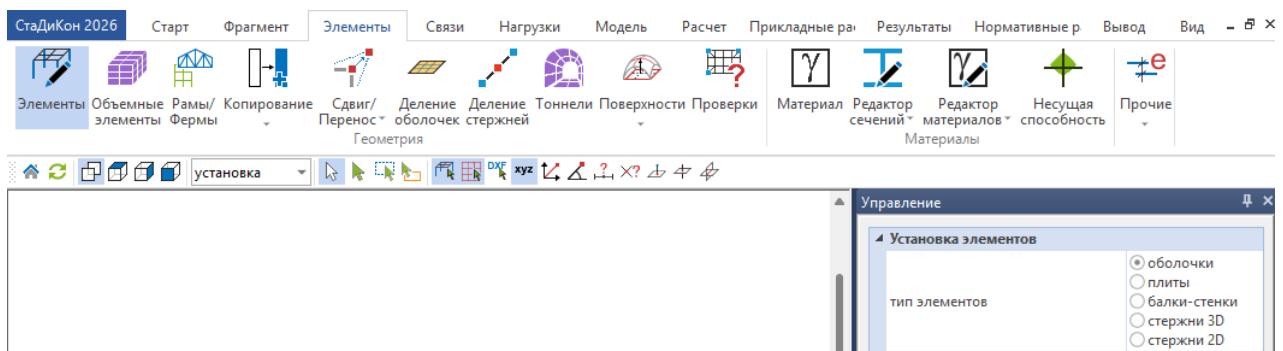
## 2. Конечно-элементный FEA-проект

Создаем новый проект. Выбираем тип проекта «FEA-проект».

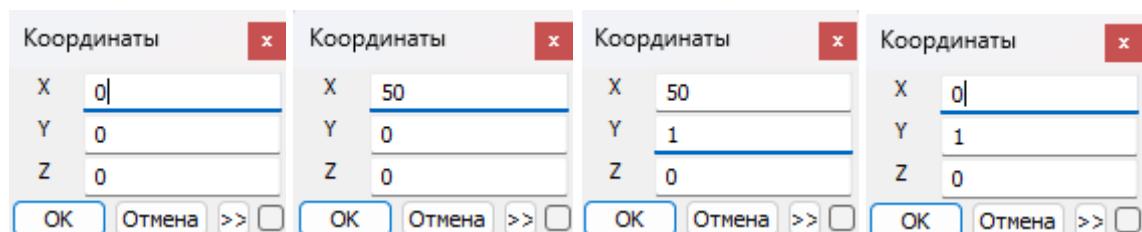


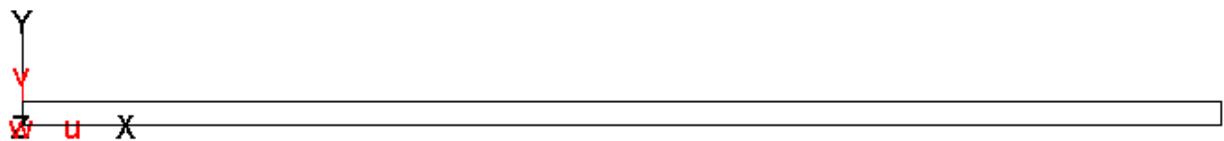
### 2.1. Геометрия

Переходим на вкладку «Элементы» и выбираем «Элементы». Тип элементов «оболочки».

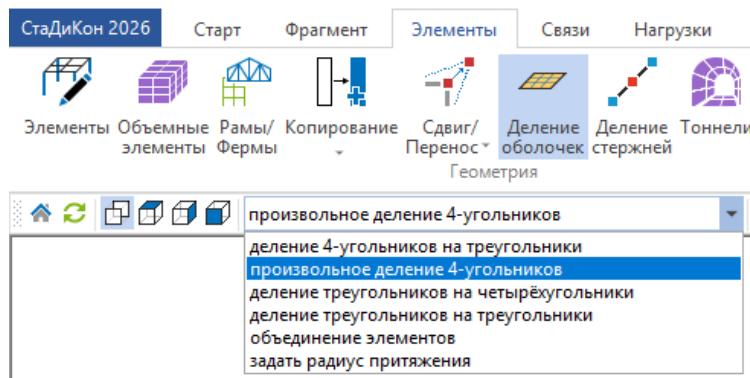


Задаем по координатам нижнюю грань.

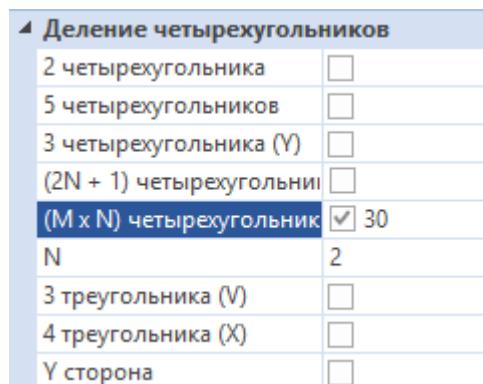




Далее разобьем оболочку. Для этого выбираем «**Деление оболочек**» и переключаем на «**произвольное деление 4-угольников**».



В окне «**Управление**» устанавливаем вид деления « $(M \times N)$  четырехугольника (#)» и задаем значения  $M=30$ ,  $N=2$ .



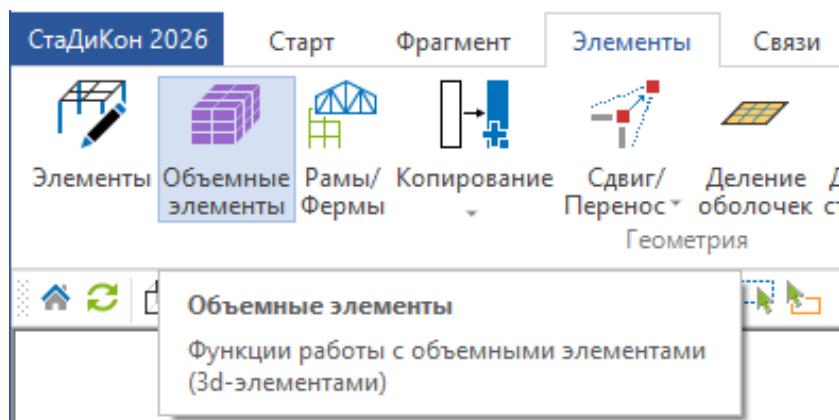
Далее нажатием ЛКМ выбираем оболочку.



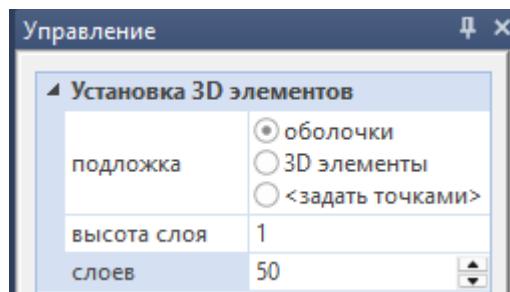
И подтверждаем деление нажатием ПКМ.



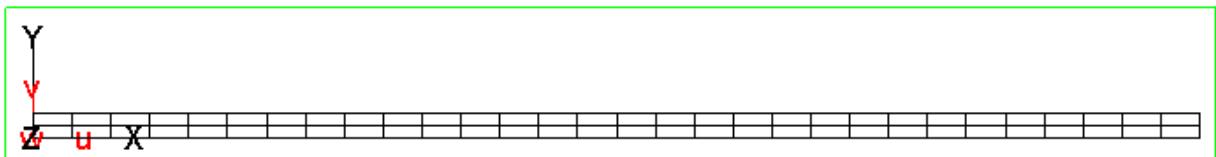
Теперь перейдем к созданию объемных элементов. Для этого на вкладке «Элементы» выбираем «Объемные элементы».



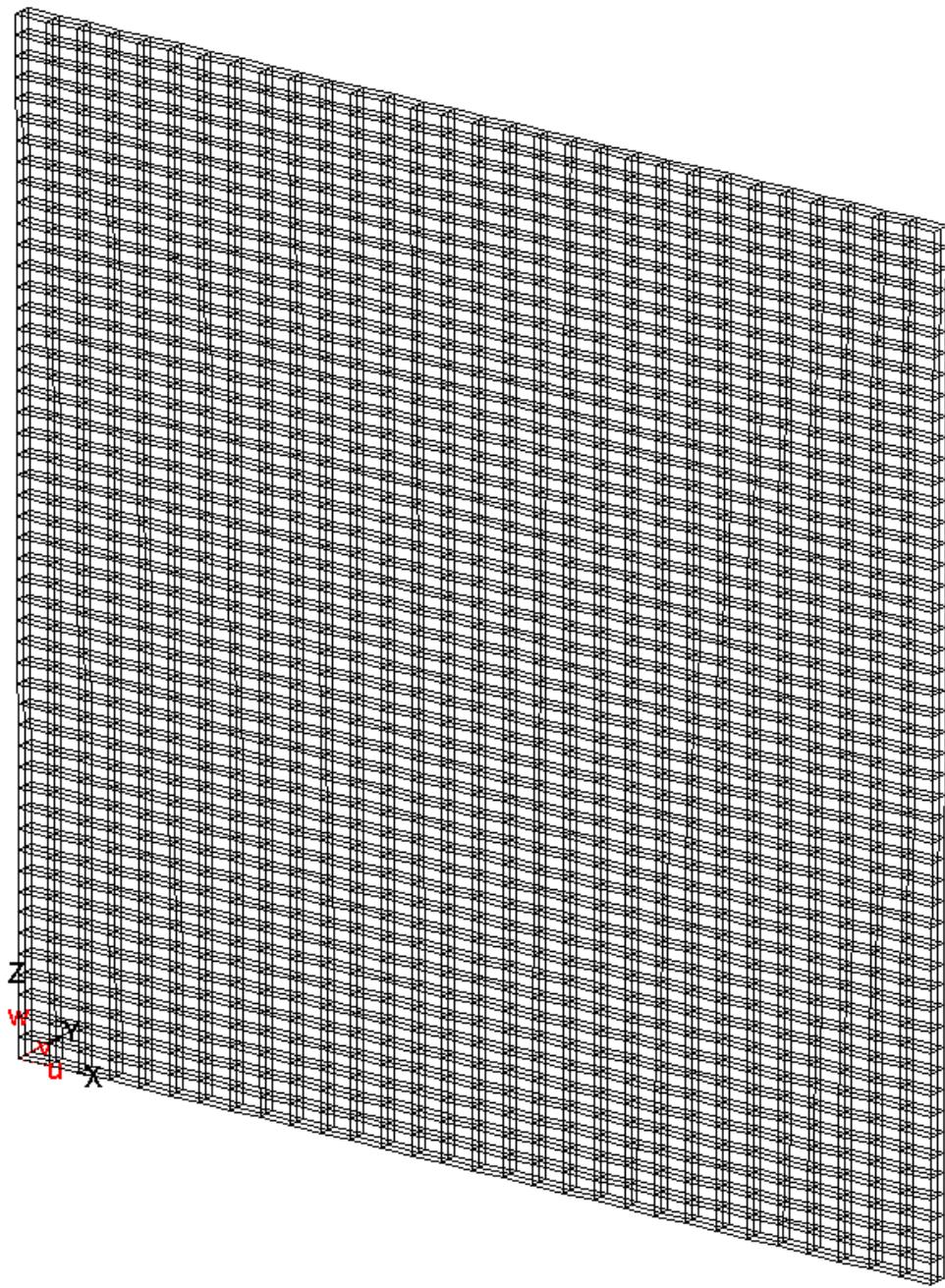
В качестве подложки выбираем «оболочки» и установим высоту и число слоев характерные итоговой высоте в 50м.



Далее групповым выбором выделяем все элементы.

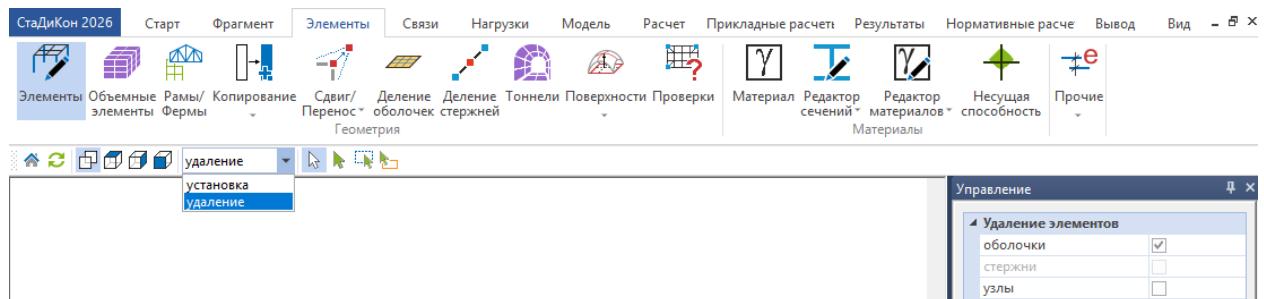


И получаем уже объемную схему.

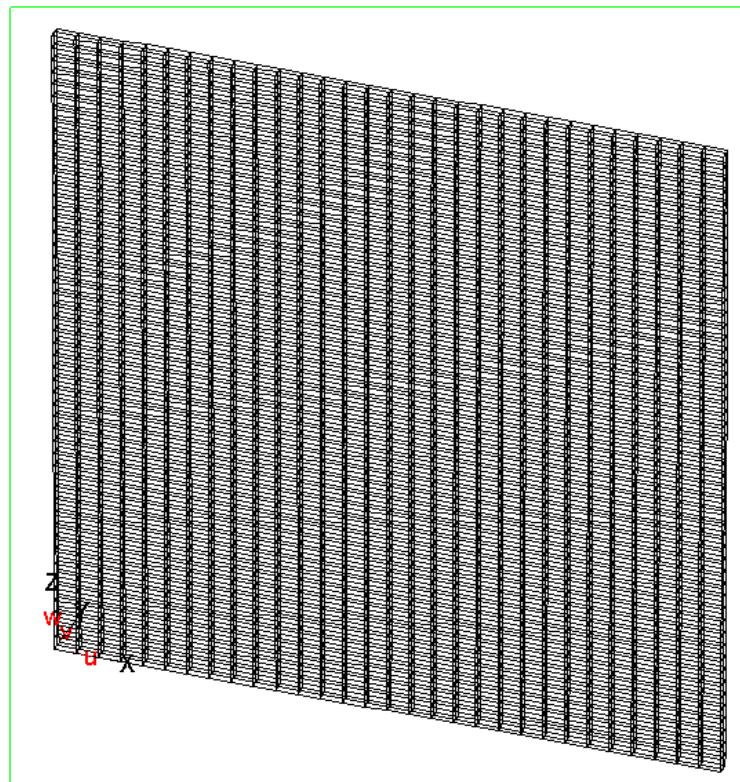


Теперь удалим изначальные оболочки, оставив только объемные элементы.

Переходим на «Элементы» - «удаление» и выбираем «оболочки».

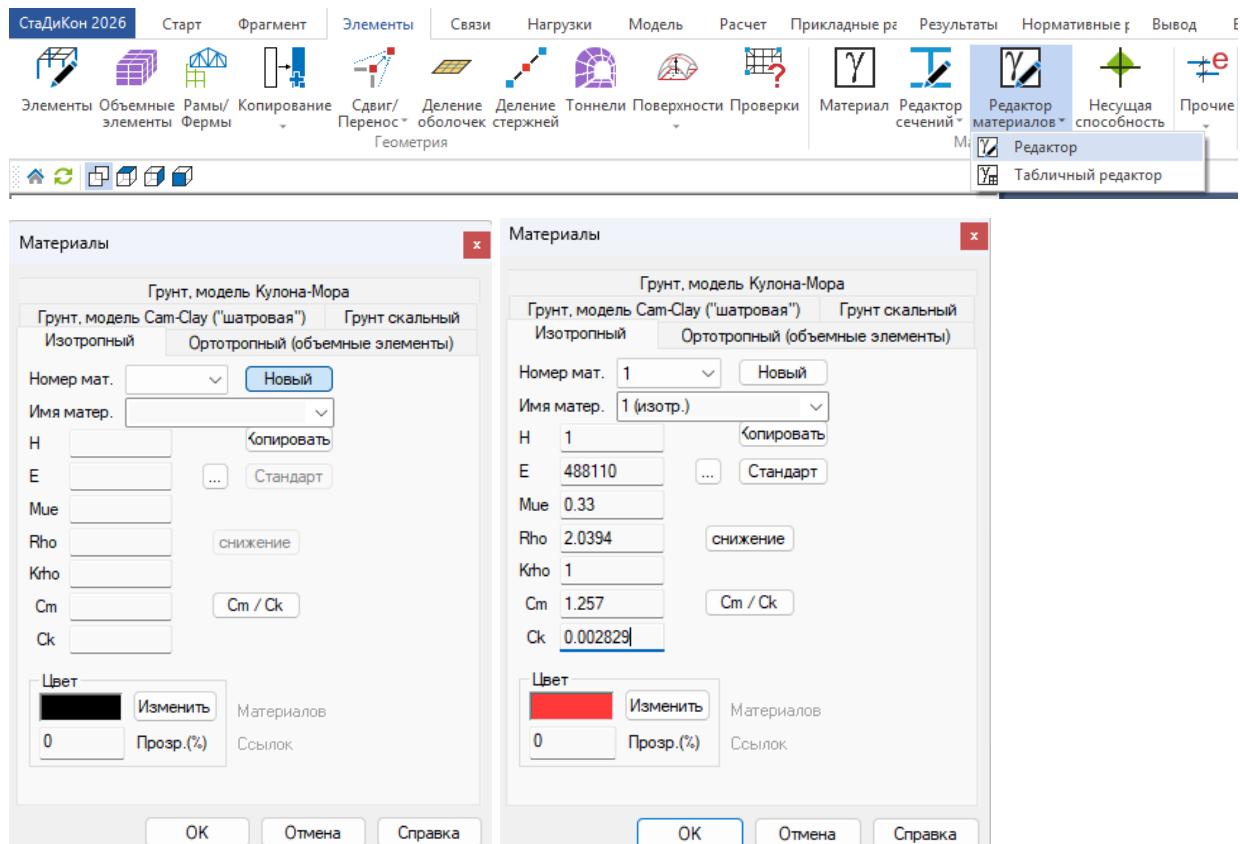


И выделяем всю модель.

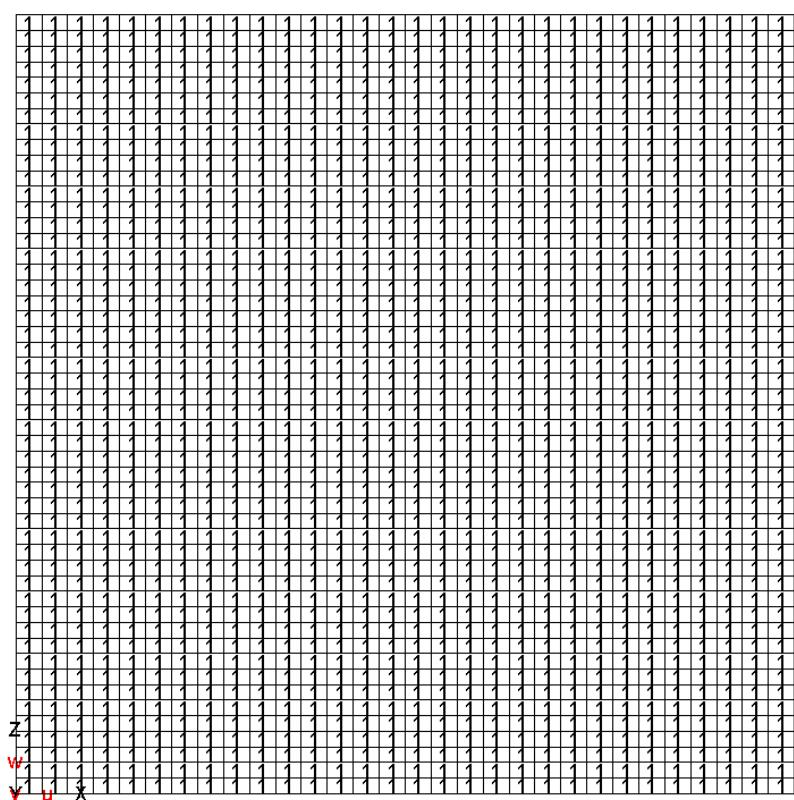
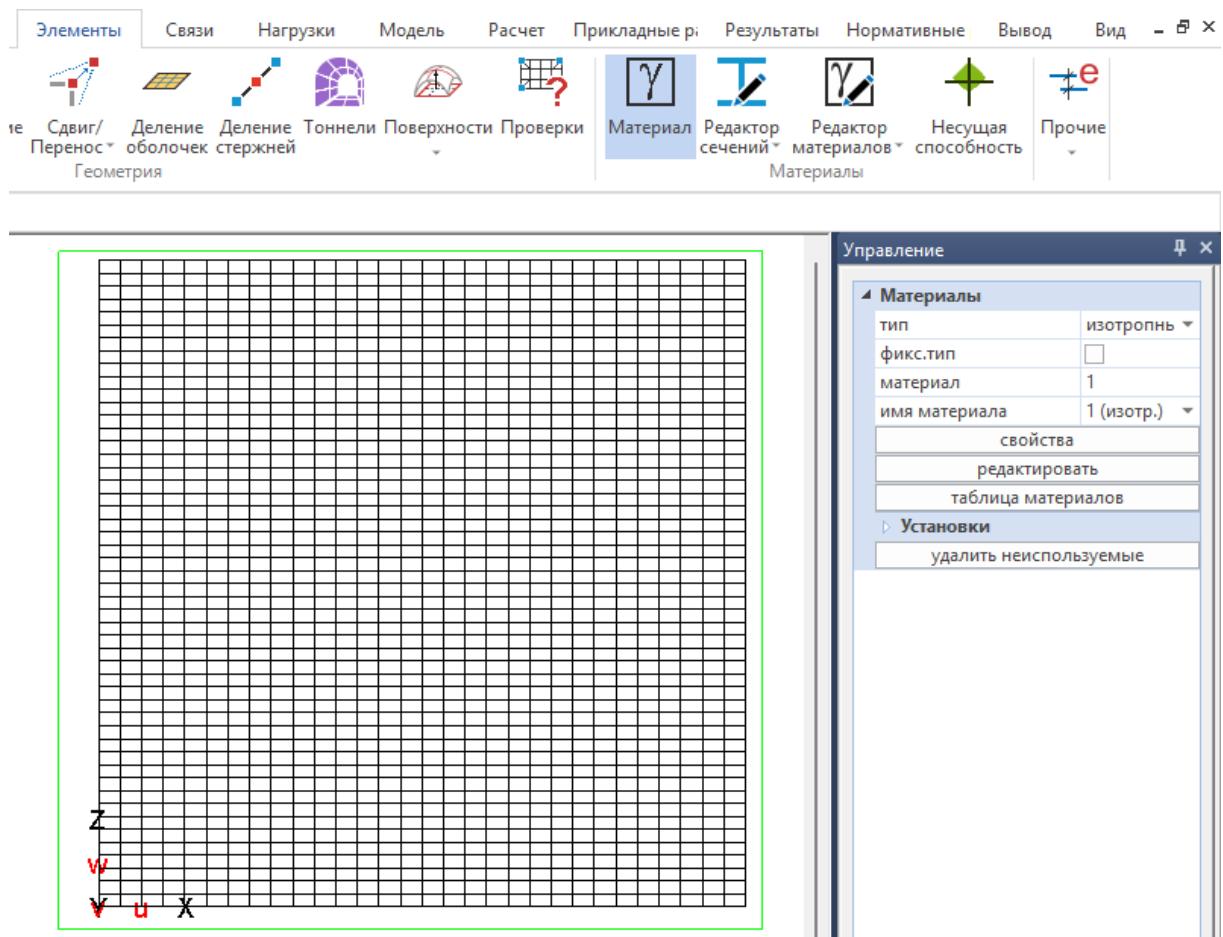


## 2.2. Материал

На вкладке «Элементы» выбираем «Редактор материалов» - «Редактор», выбираем – «Изотропный» и нажимаем на «Новый». После задаем параметры материала.

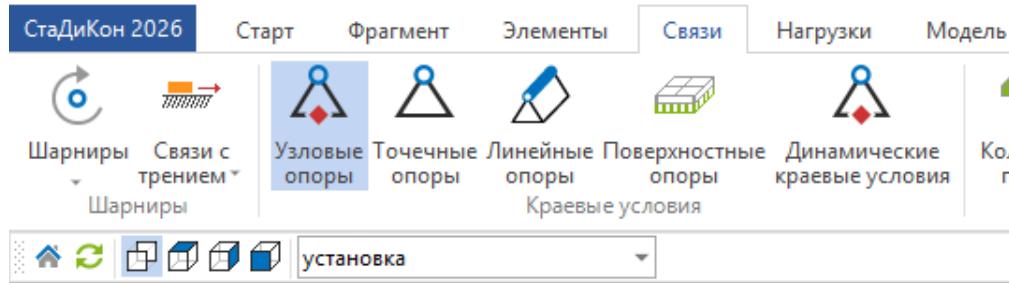


Далее переходим на «Материал», выбираем «тип – изотропный» и задаем созданный материал выделением всех элементов.

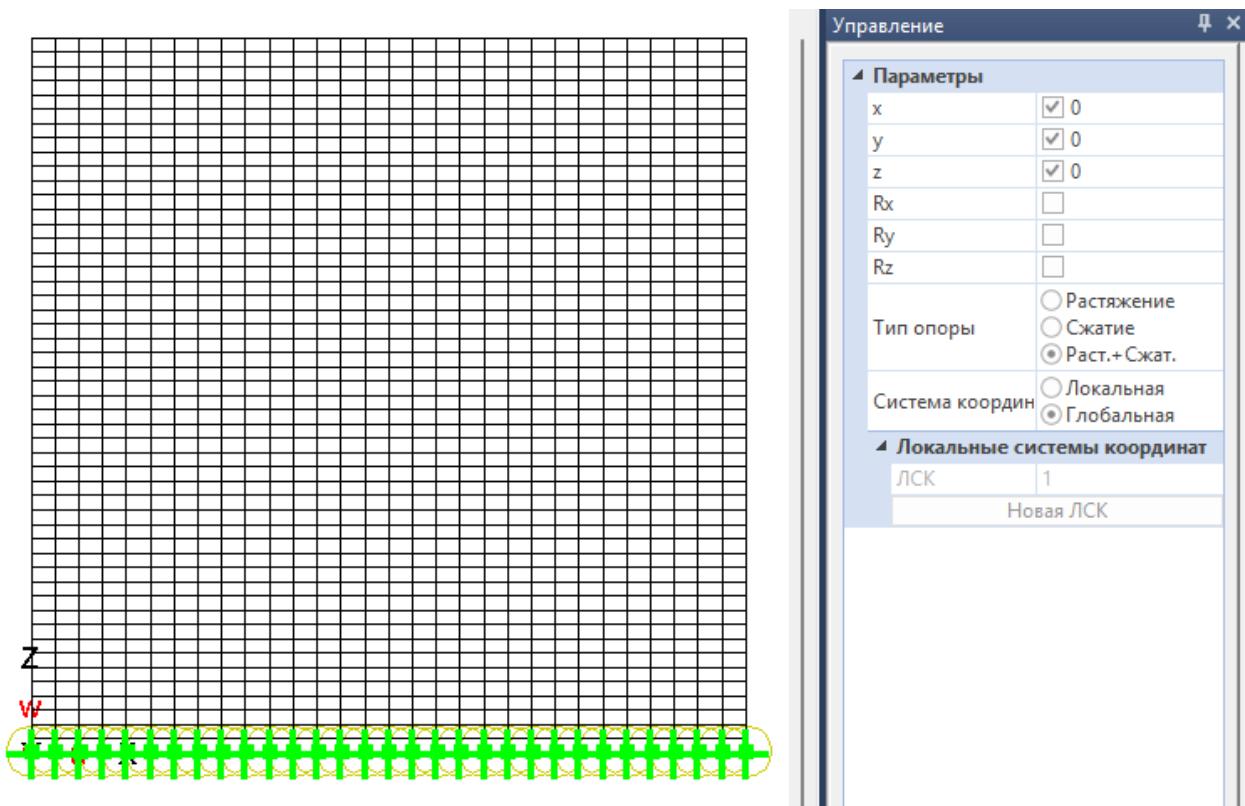


## 2.3. Установка связей

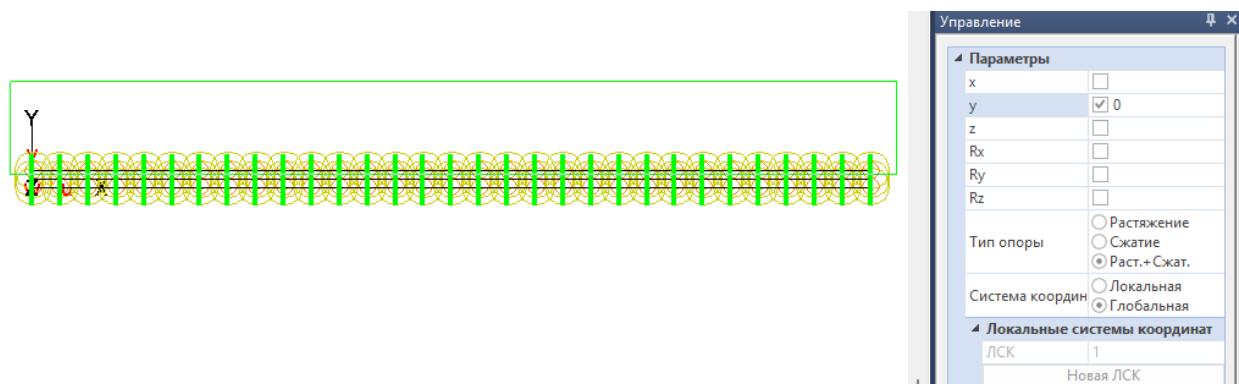
Перейдем к установке краевых условий. На вкладке «Связи» выбираем «Узловые опоры» - «установка».



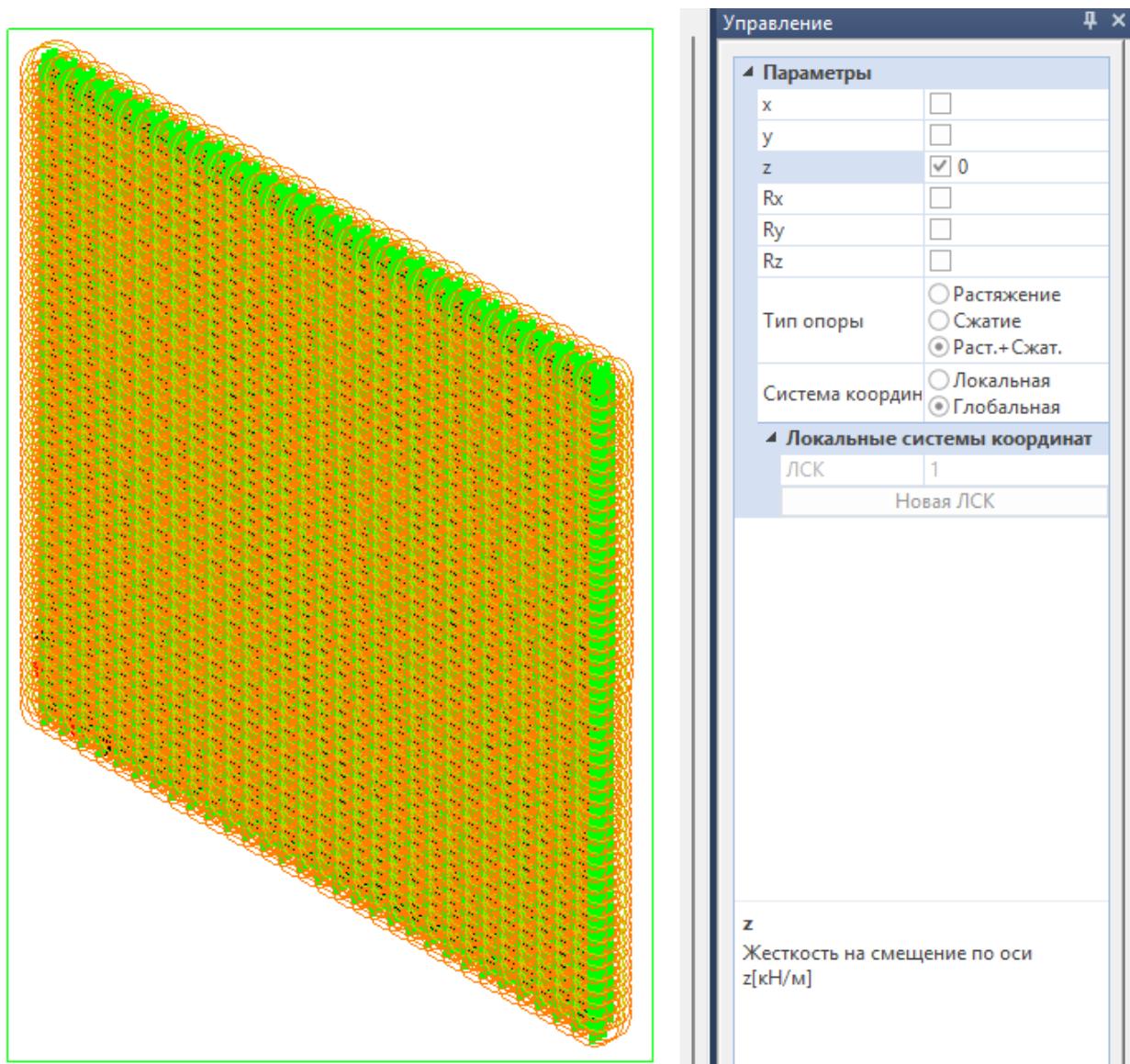
На нижнюю грань при  $z=0$  ограничим перемещение по  $x, y, z$ .



Для граней при  $y=0$  и  $y=1$  ограничим перемещение по  $y$ .

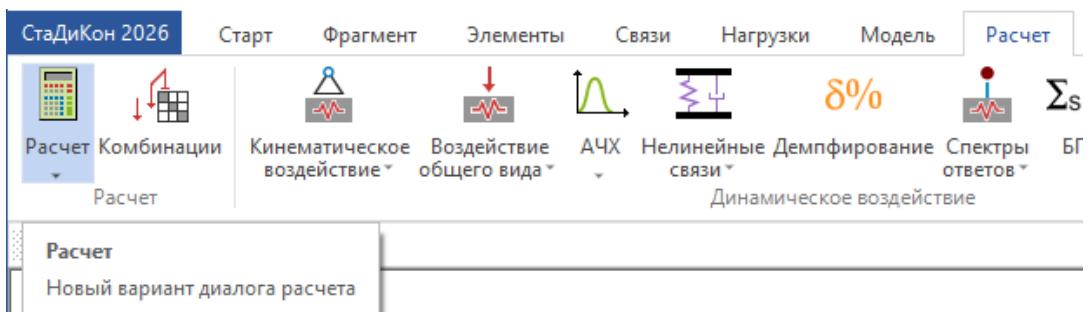


И на все узлы ограничим перемещение по z.

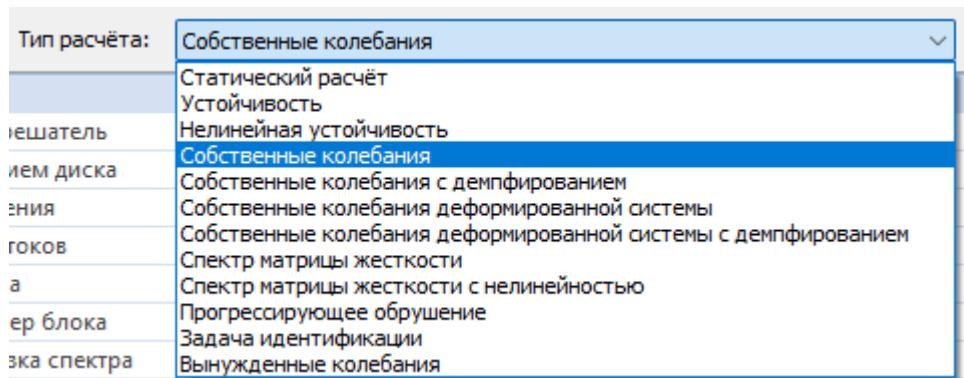


## 2.4. Расчет

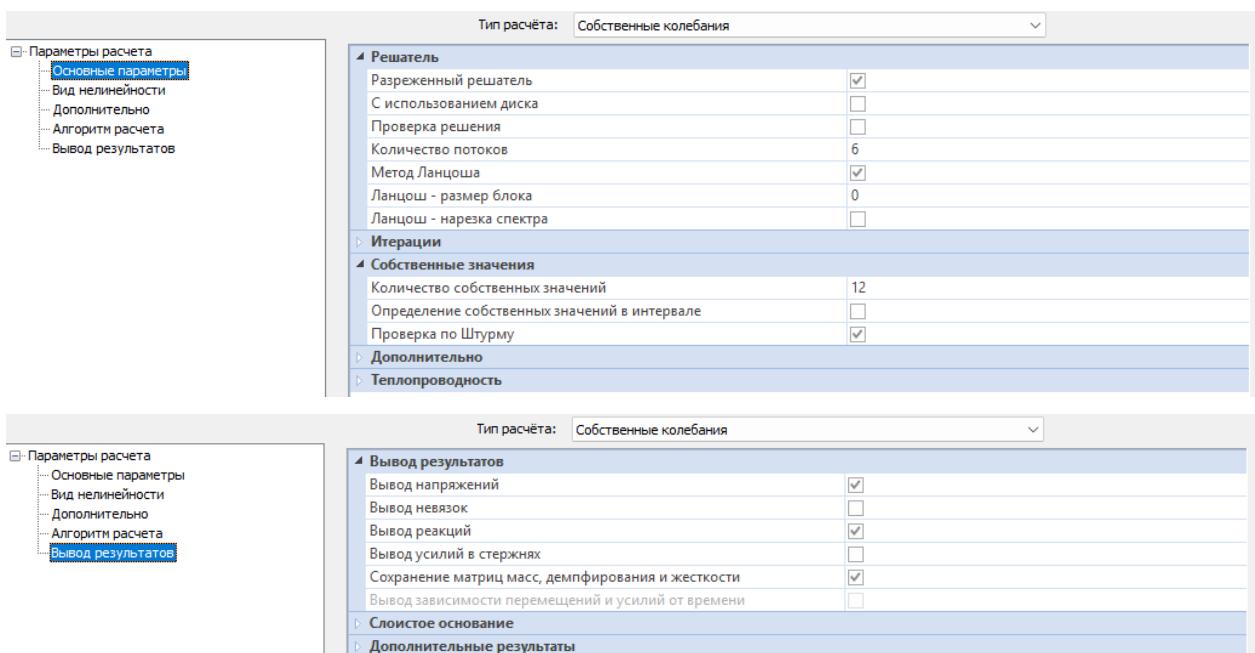
Переходим на вкладку «Расчет» и выбираем «Расчет».



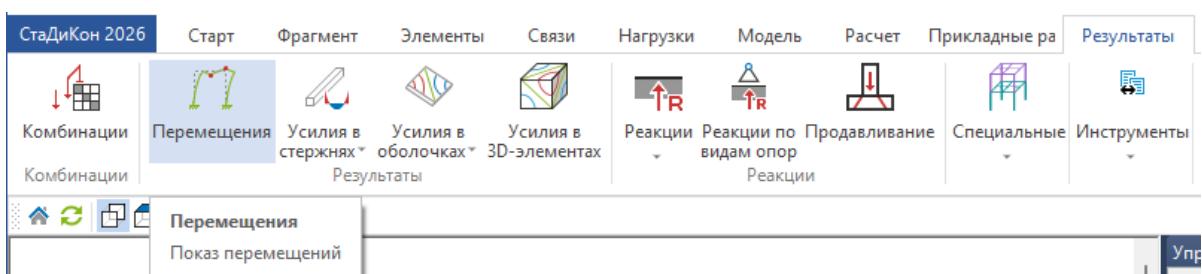
Изменим тип расчета на «Собственные колебания».



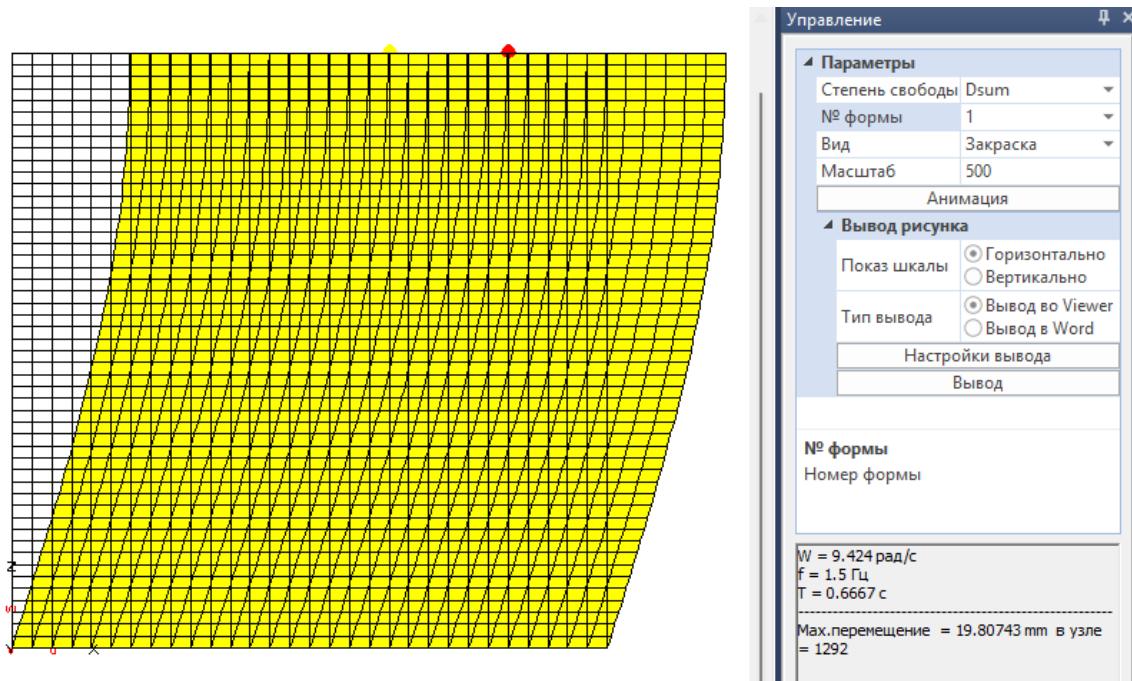
И изменим следующие параметры.



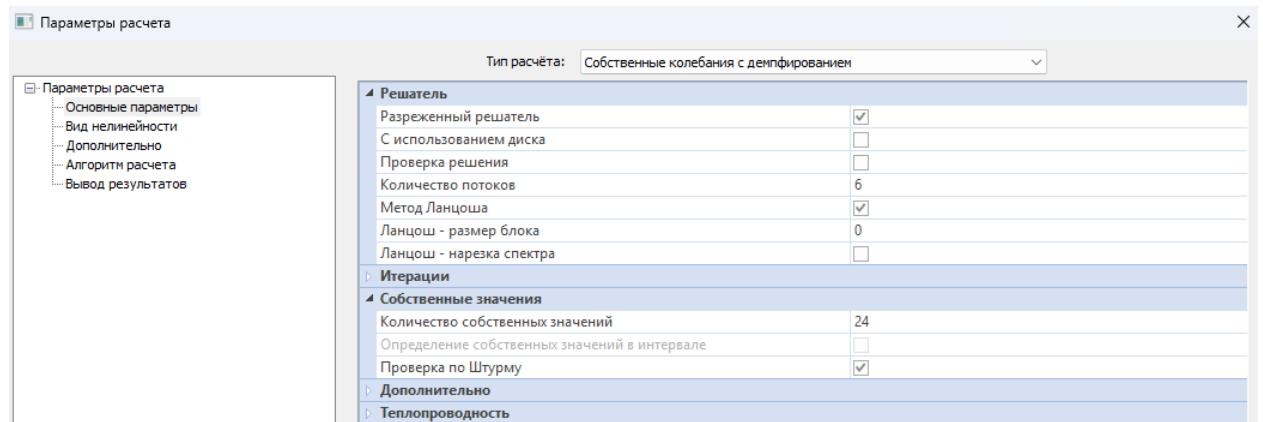
Запускаем расчет. После расчета на вкладке «Результаты» выбираем «Перемещения».



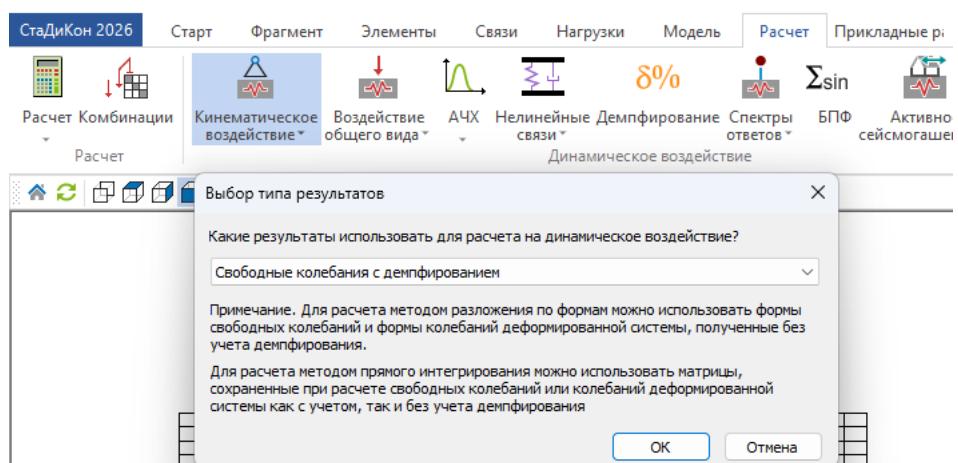
Ниже приведена первая форма собственных колебаний.



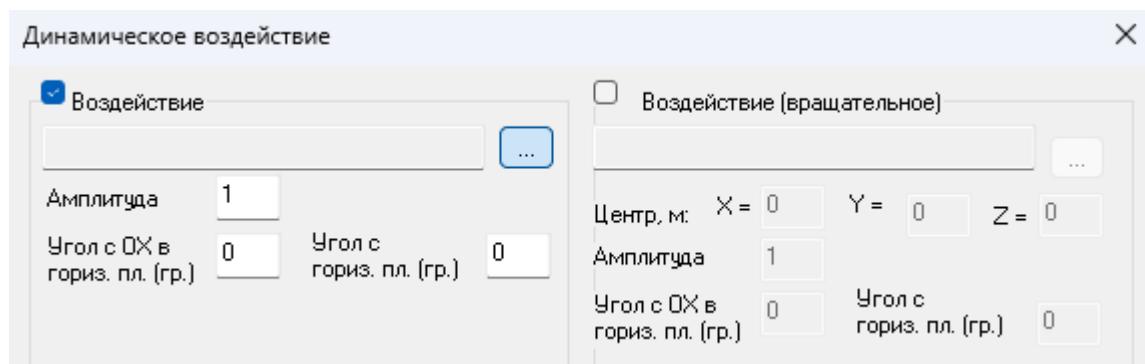
Теперь вновь переходим к расчету и выбираем тип расчета «Собственные колебания с демпфированием». Изменим «Количество собственных значений = 24», а остальные параметры оставляем. После запускаем расчет.



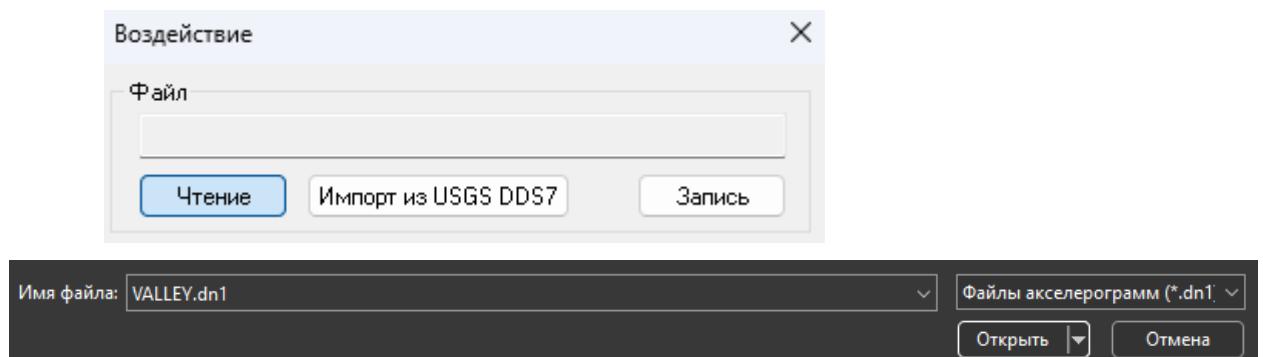
Далее переходим на вкладку «Расчет» и выбираем «Кинематическое воздействие». В качестве типа результатов выбираем «Собственные колебания с демпфированием».



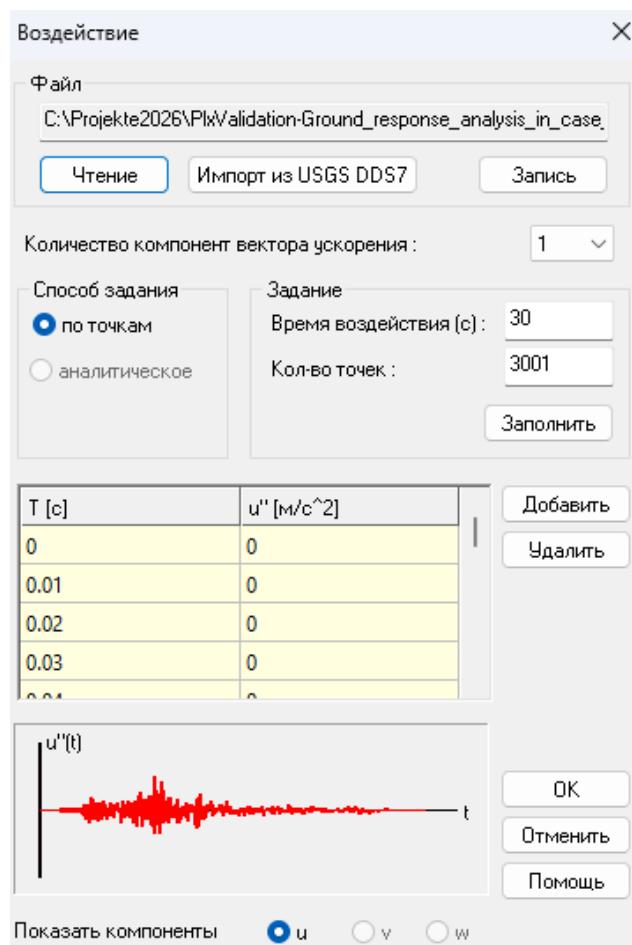
В открывшемся окне «Динамическое воздействие» нажимаем на «...» в пункте «Воздействие».



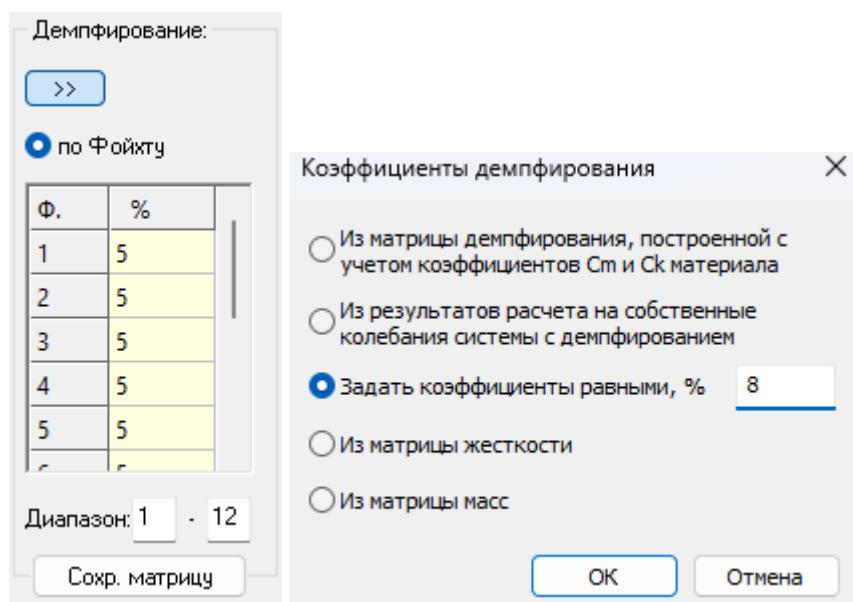
Далее нажимаем «Чтение» и выбираем файл с акселерограммой.



Получаем записанное воздействие и нажимаем «OK».

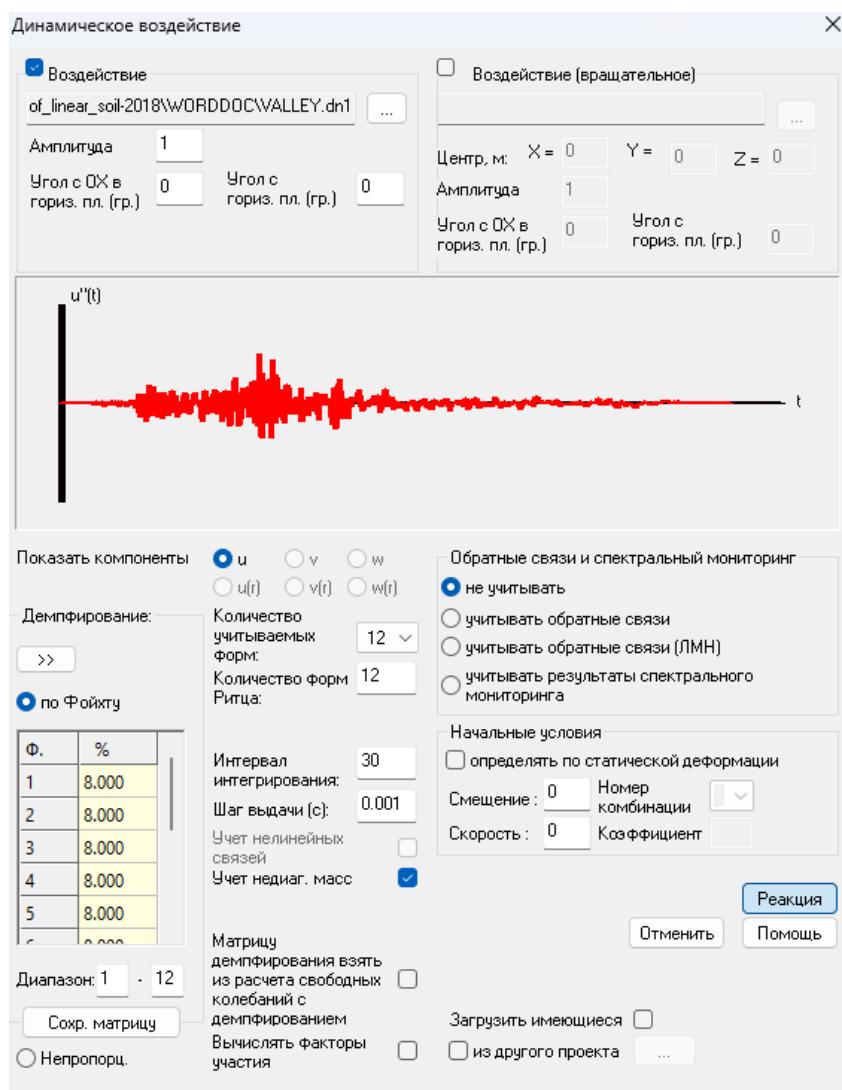


В пункте «Демпфирование» нажмем на «>>» и выберем «Задать коэффициенты равными 8%»

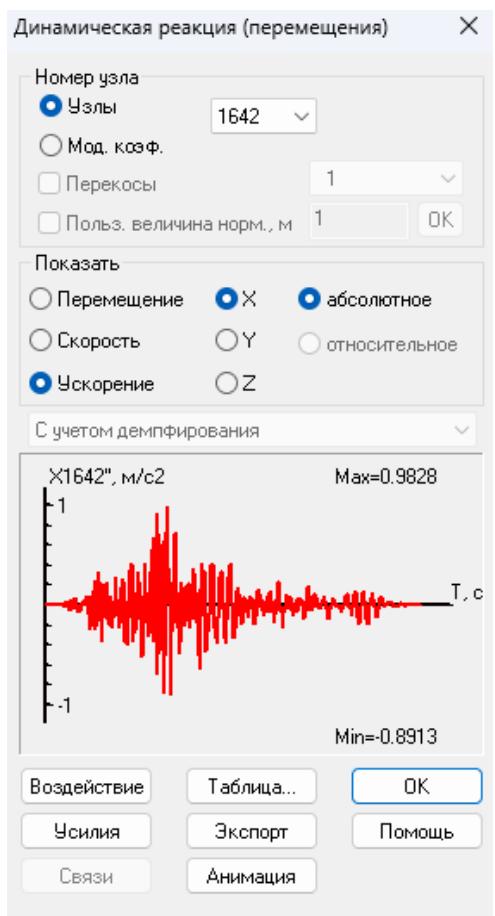


Теперь изменим «Интервал интегрирования = 30» и «Шаг выдачи (с) = 0.001».

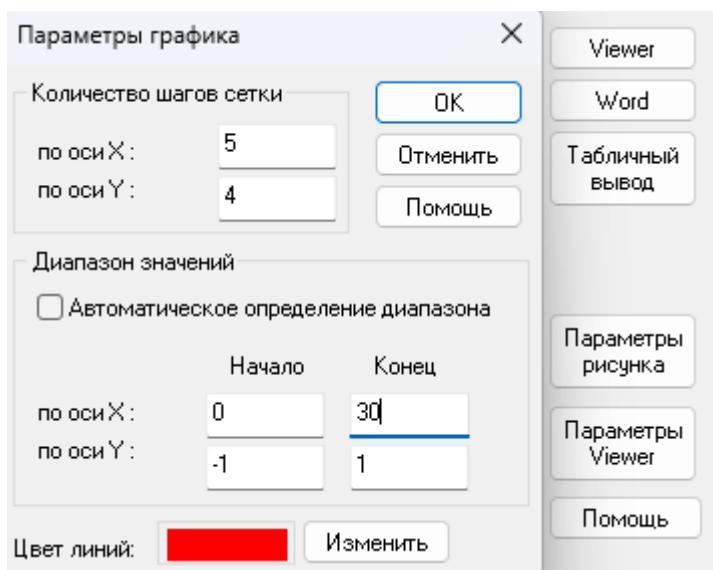
После чего нажимаем на «Реакция».



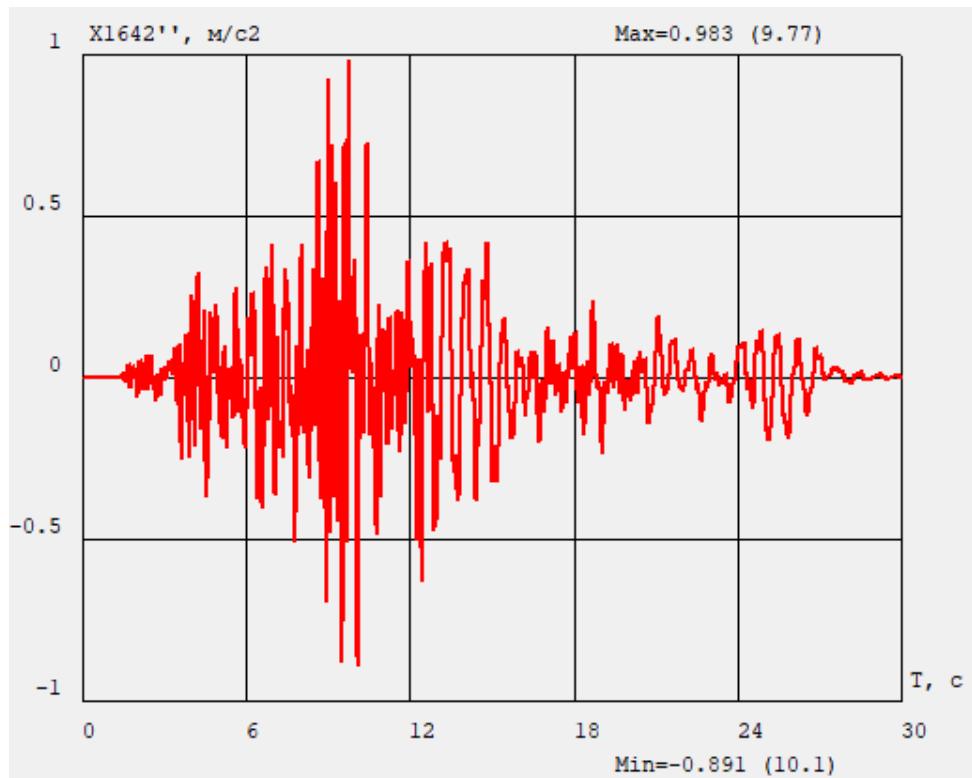
После выбираем на схеме центральный узел (25, 0.5, 25) и выбираем показ «Ускорение по X».



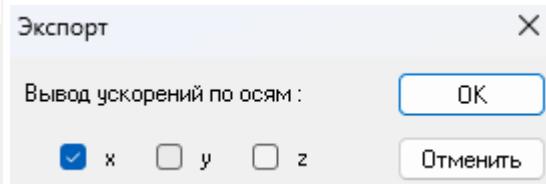
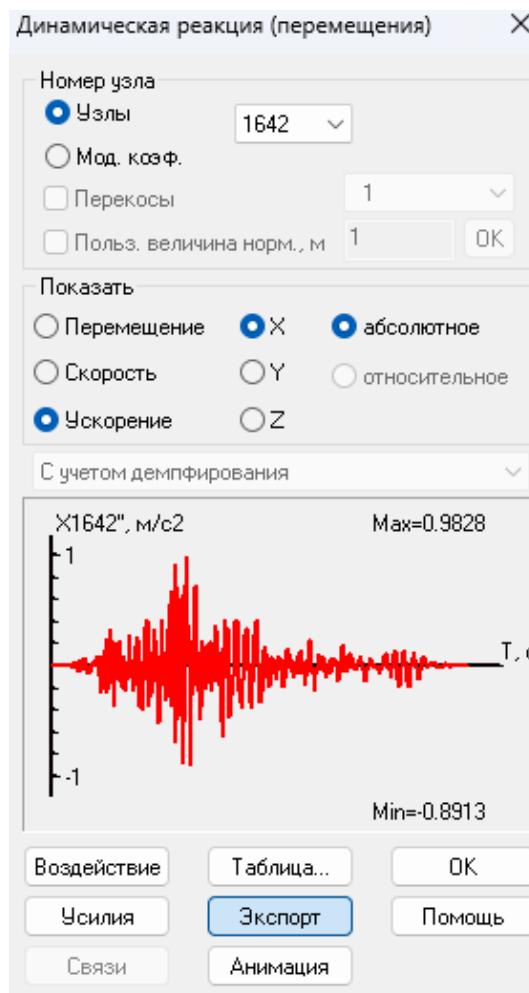
Откроем график двойным нажатием на него. В «Параметры рисунка» установим границы диапазона.



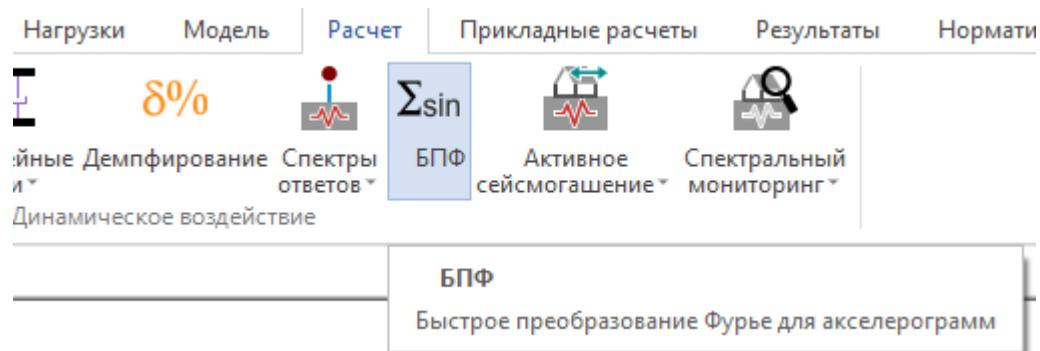
Получаем следующий результат ускорения по X для центрального узла.



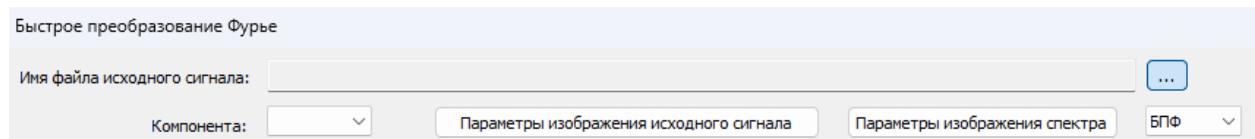
Сохраним полученный результат нажав на «Экспорт».



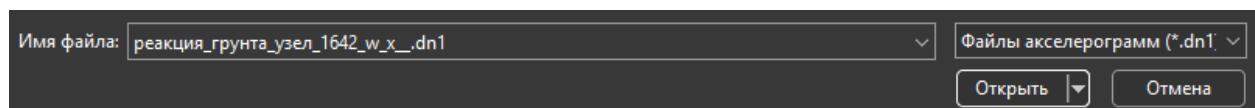
После сохранения переходи на вкладку «Расчет» и выбираем «БПФ (Быстрое преобразование Фурье)».



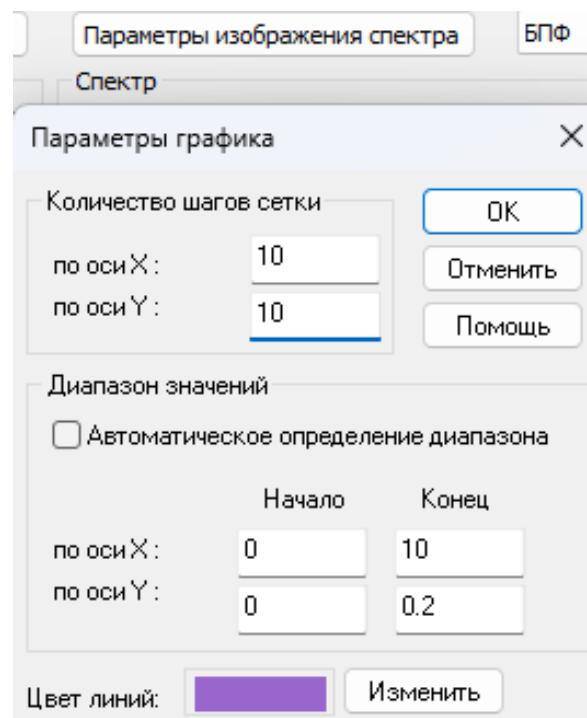
Для выбора исходного файла нажимаем на «...».



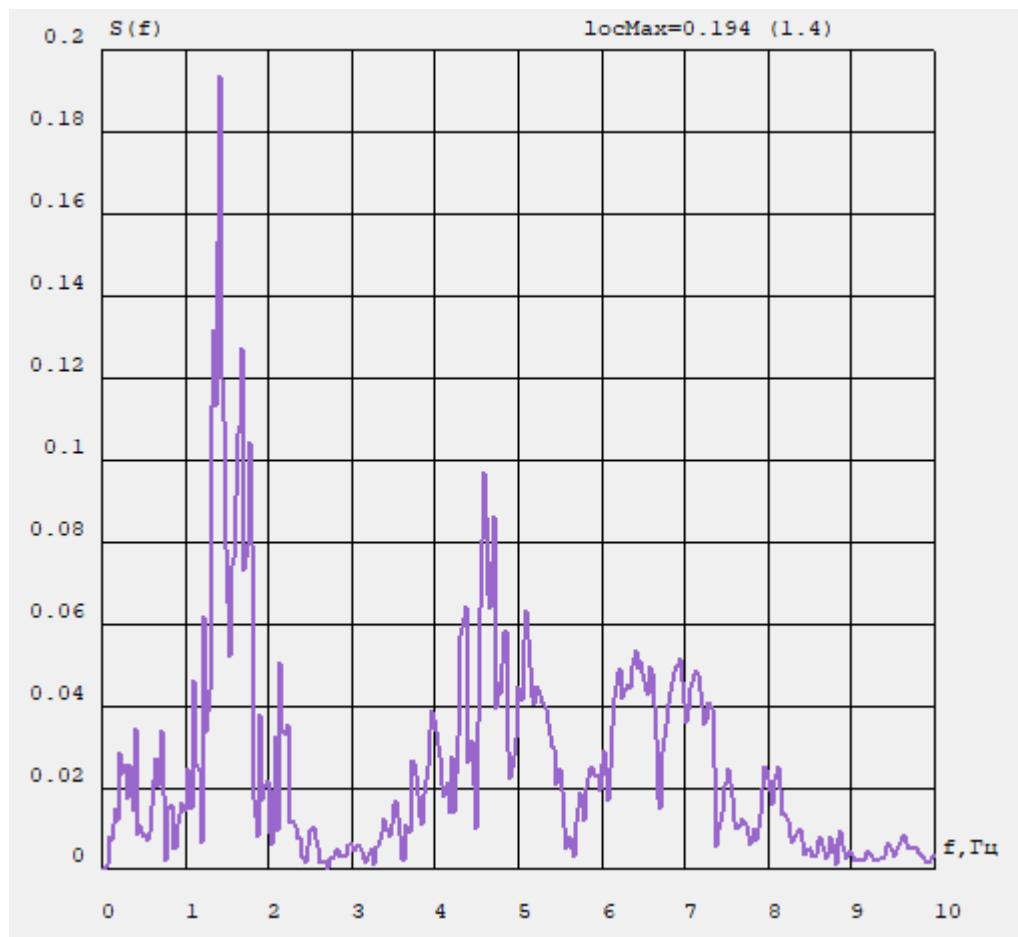
И выбираем сохраненный результат для центрального узла.



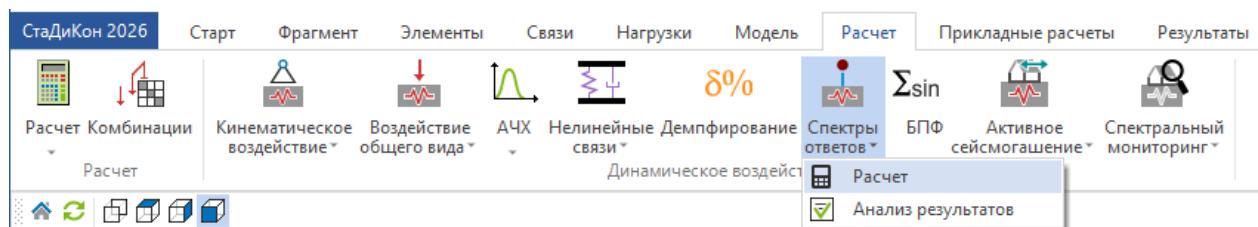
Далее нажав на «Параметры изображения спектра», изменим диапазон и число шагов сетки.



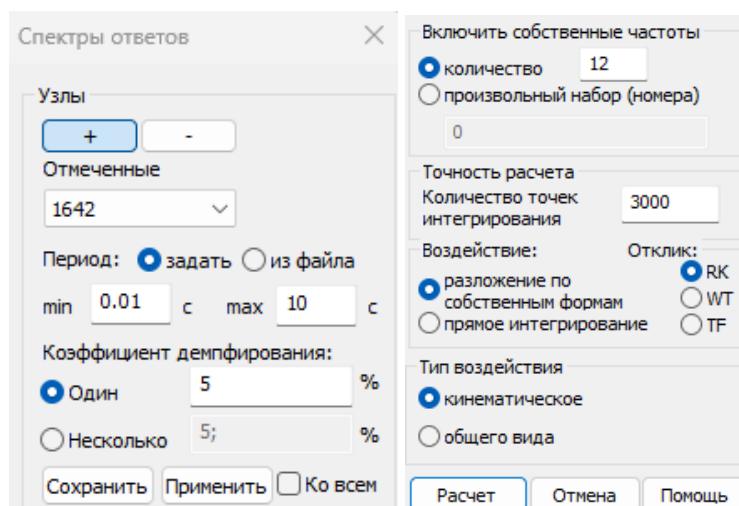
Получаем следующий спектр Фурье.



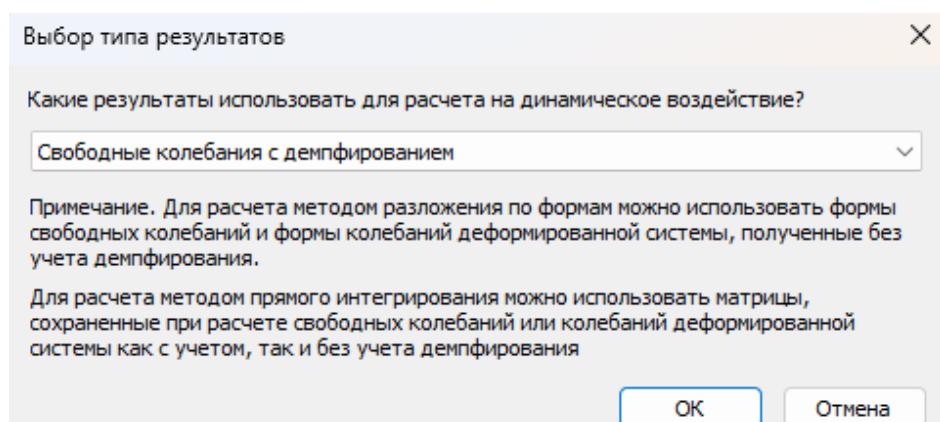
Перейдем к спектрам ответов. Для этого на вкладке «Расчет» выбираем «Спектры ответов» - «Расчет».



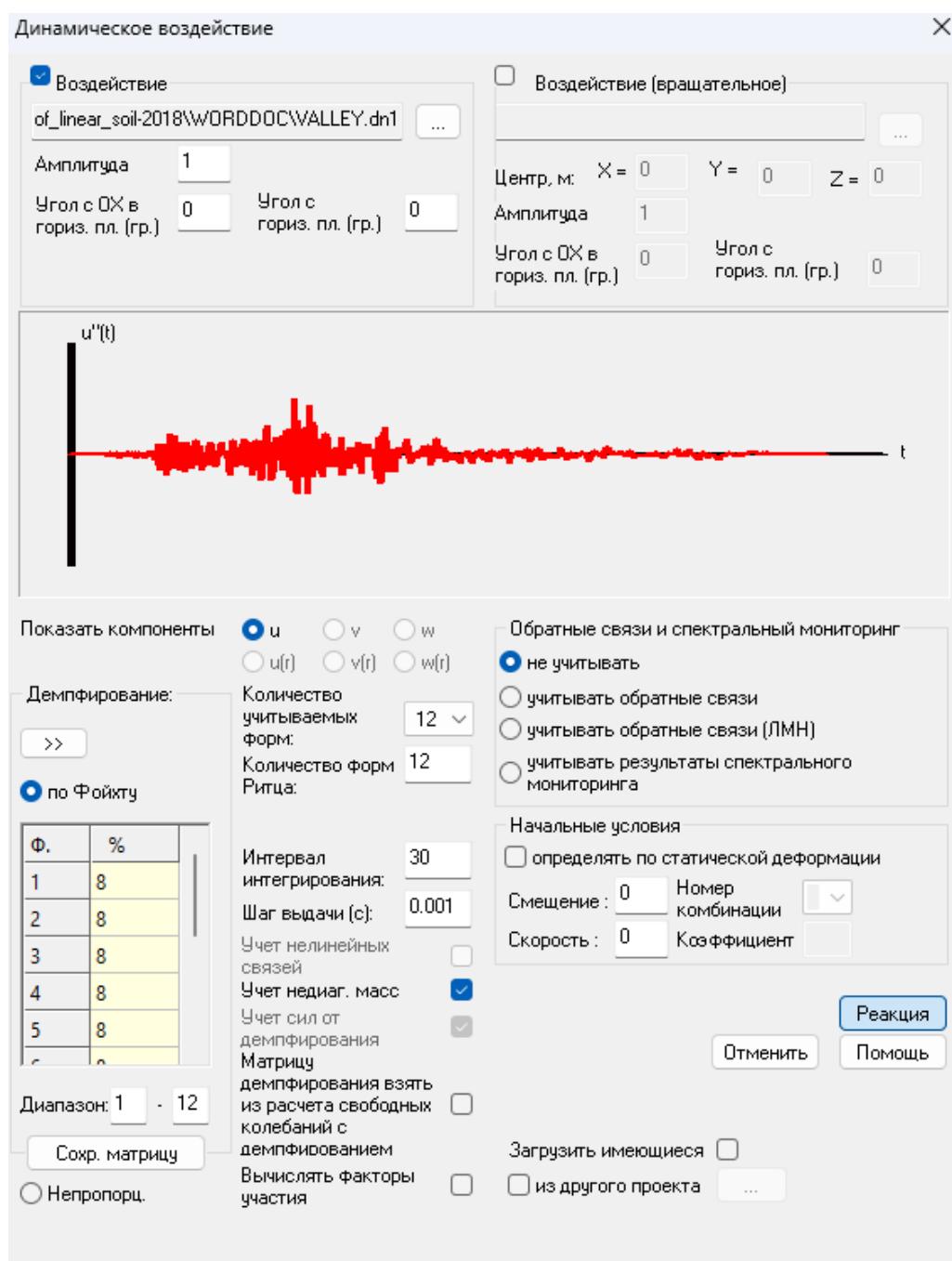
Отмечаем центральный узел и задаем следующие параметры. Нажимаем «Расчет».



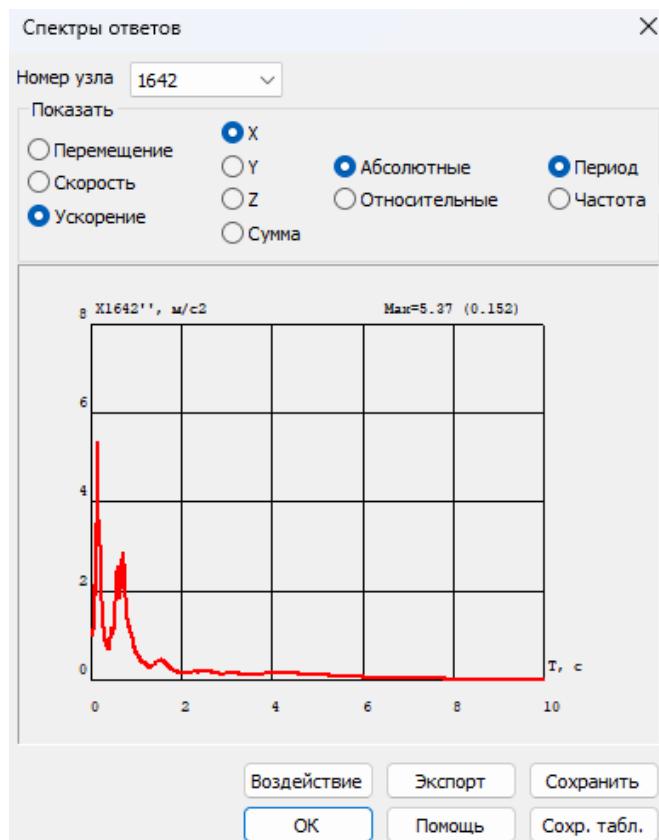
Выбираем «Свободные колебания с демпфированием».



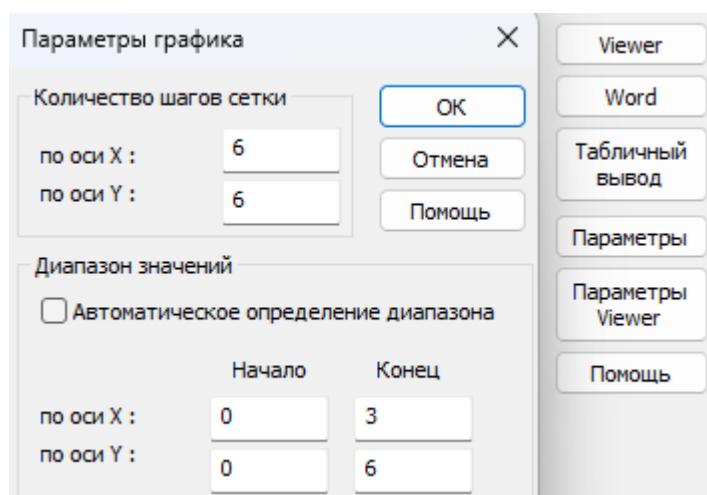
В следующем окне оставляем все как было задано ранее и нажимаем «Реакция».



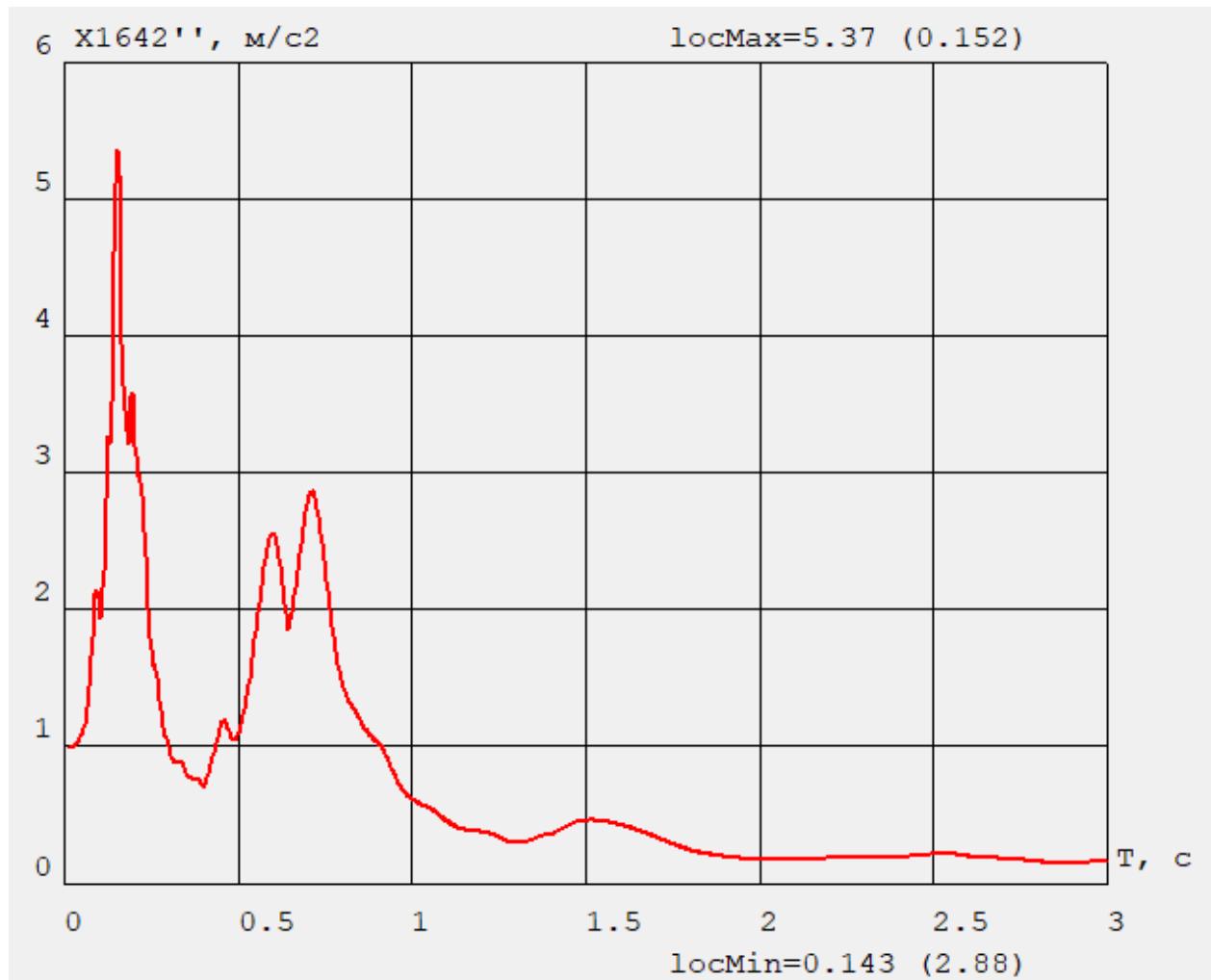
Переключаем на показ абсолютного ускорения по X.



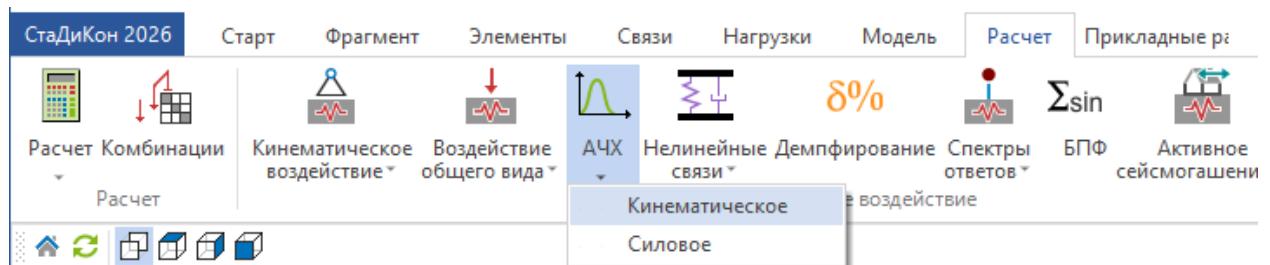
Двойным нажатием открываем график. Нажав на «Параметры», отредактируем отображение графика.



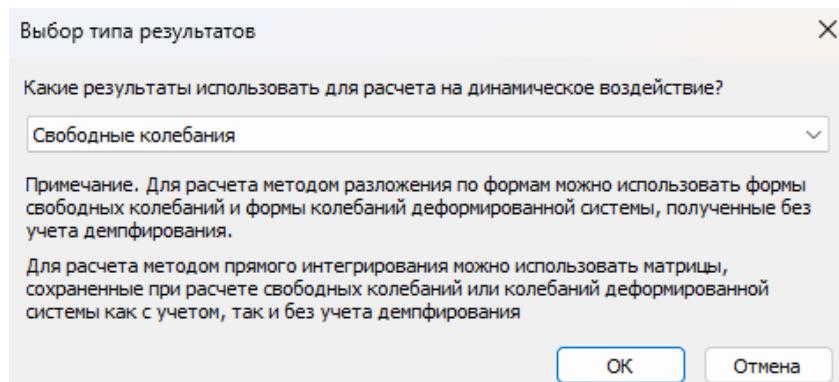
Получаем следующий результат для спектра ответа.



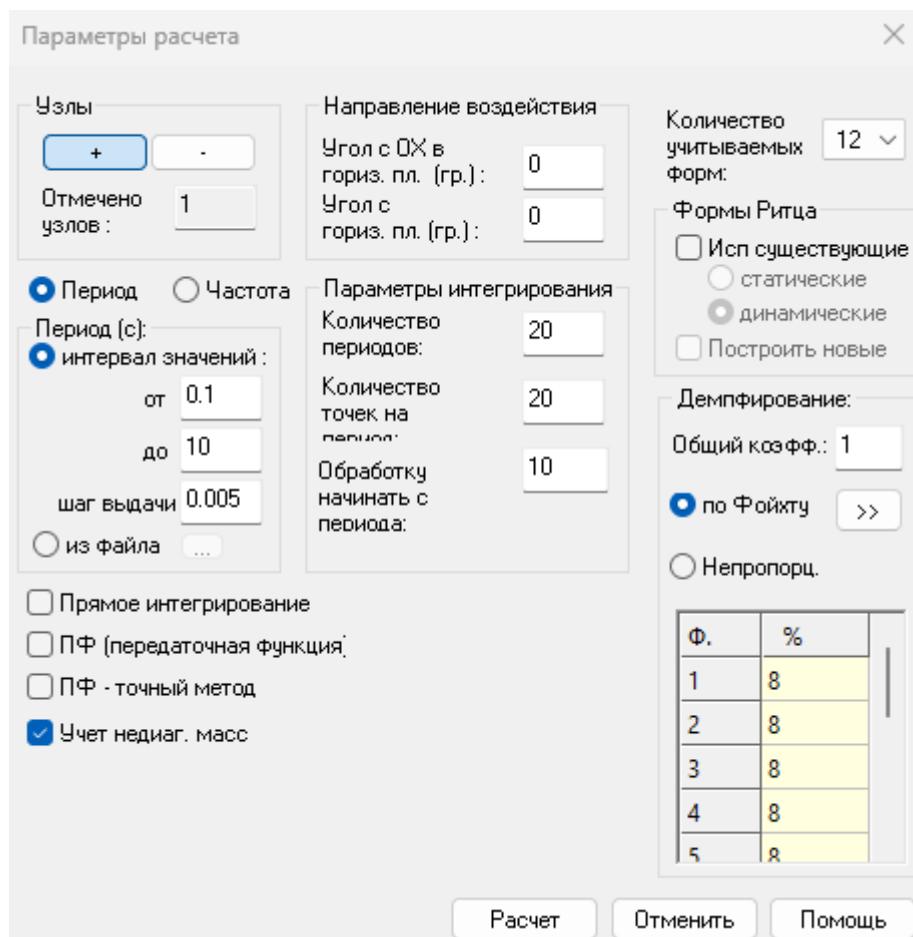
Далее перейдем к расчету амплитудно-частотных характеристик. На вкладке «Расчет» выбираем «АЧХ» - «Кинематическое».



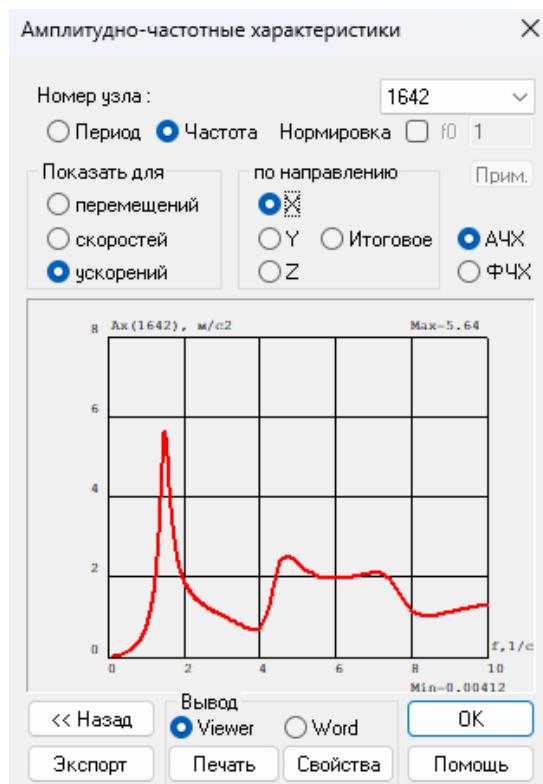
В качестве типа результатов выберем «Свободные колебания».



Отмечаем для расчета центральный узел и задаем следующие параметры. После нажимаем «Расчет».



После расчета выбираем следующие результаты.



Двойным нажатием отрываем график. Получаем следующий результат.

