

Знакомство с МКЭ подсистемой

СтадиКон (СДК)

**Железобетонная плита под
действием циклической
поперечной нагрузки**



Содержание

Содержание	2
1. Описание задачи	3
2. Конечно-элементный FEA-проект	4
2.1. Геометрия	4
2.2. Материал	8
2.3. Установка связей	12
2.4. Нагружение	15
2.5. Статический расчет	16
2.6. Расчет на собственные колебания	20
2.7. Расчет на собственные колебания деформированной системы	22
2.8. Динамический расчет	23

1. Описание задачи

Целью данного руководства является моделирование и анализ железобетонной плиты перекрытия при циклическом поперечном нагружении.

Квадратная плита со стороной 1,4 м армирована прямыми стальными стержнями в направлениях X и Y.

Плита опирается по периметру на ненапрягаемую подкладку (во время нагрузки пластина может приподниматься по краям).

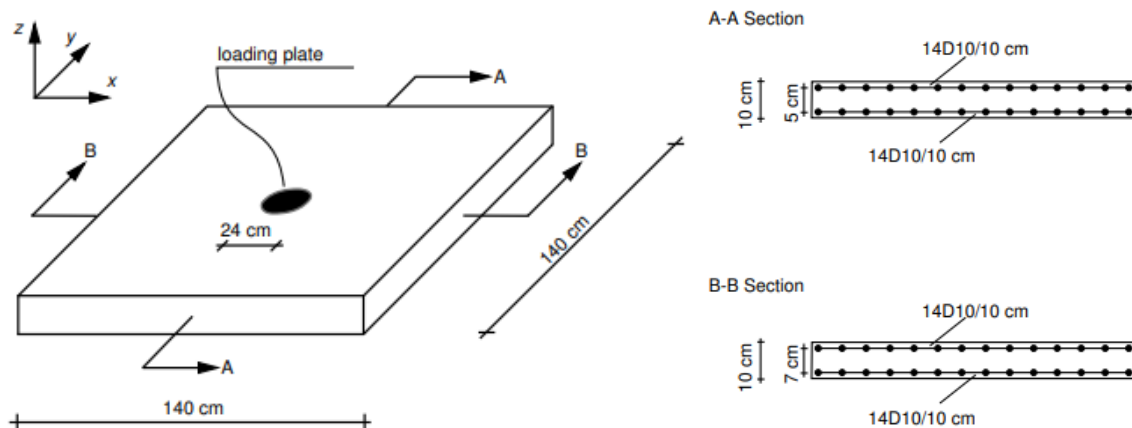


Рис. 1.1 – Геометрия модели и схема армирования.

Свойства материала бетона:

- модуль упругости $E = 1.5 \times 10^7$ кН/м²
- коэффициент Пуассона $\nu = 0.2$
- плотность $\rho = 2.4$ т/м³
- нормативное сопротивление сжатию $R_c = 37000$ кН/м²
- нормативное сопротивление растяжению $R_t = 1500$ кН/м²

Свойства материала стали:

- модуль упругости $E = 2 \times 10^8$ кН/м²
- предел текучести $S_t = 3.8 \times 10^5$ кН/м²

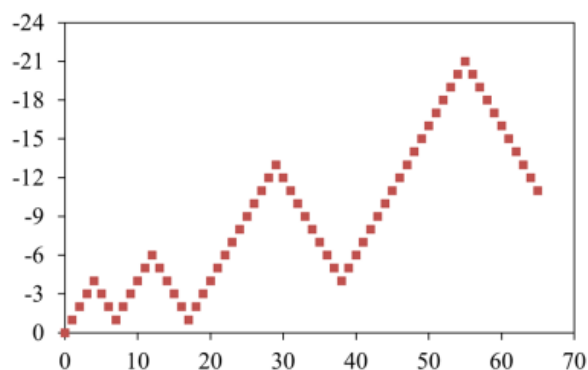
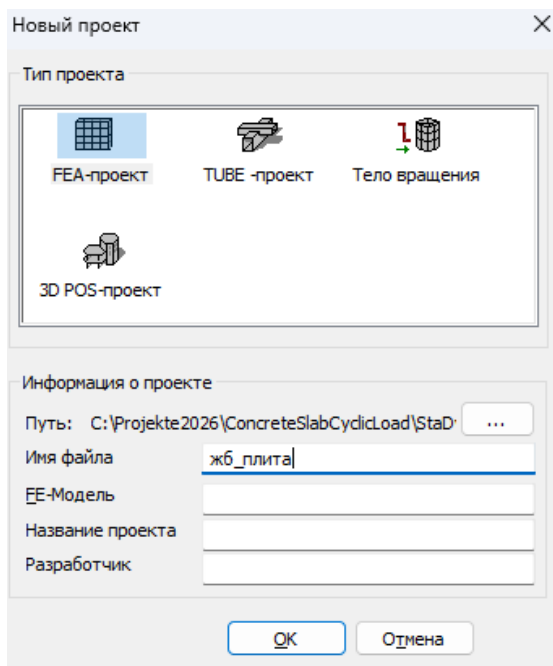


Рис. 1.2 – Шаги перемещения, прикладываемые в центре жб плиты. По вертикальной оси – перемещения в мм, по горизонтальной оси – шаги.

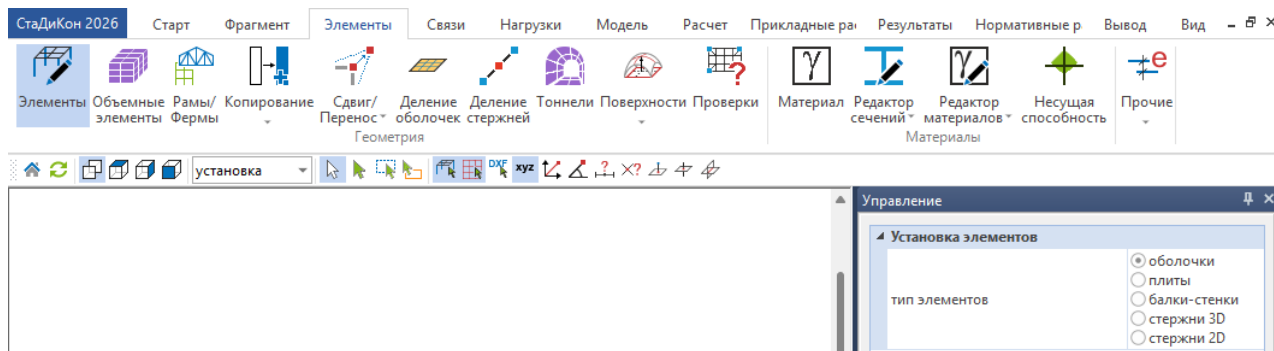
2. Конечно-элементный FEA-проект

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

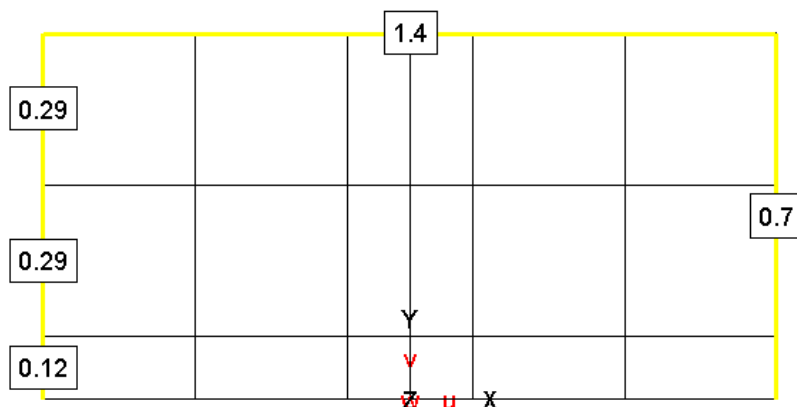


2.1. Геометрия

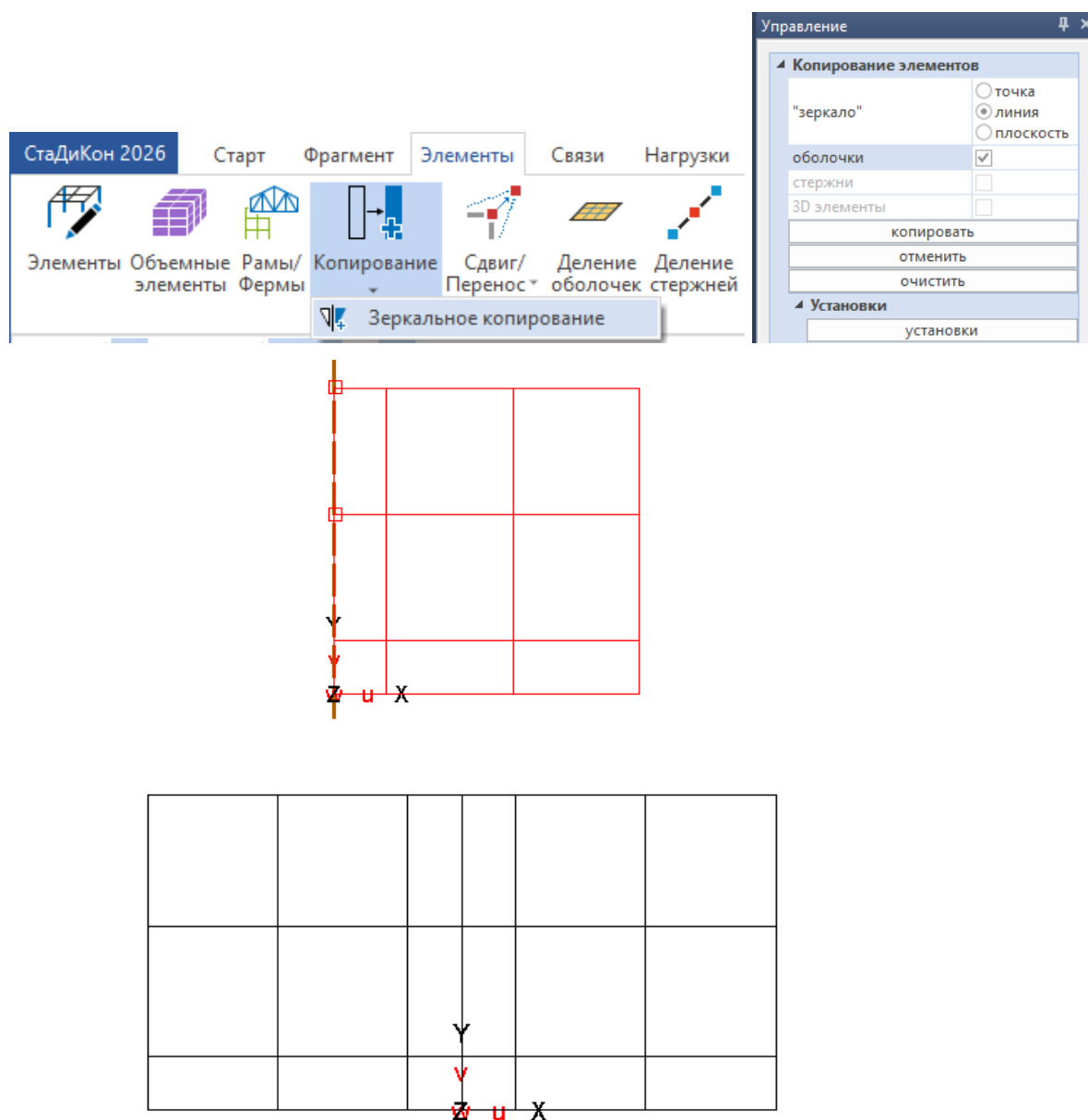
Переходим на вкладку «Элементы» и выбираем «Элементы». Тип элементов «оболочки».



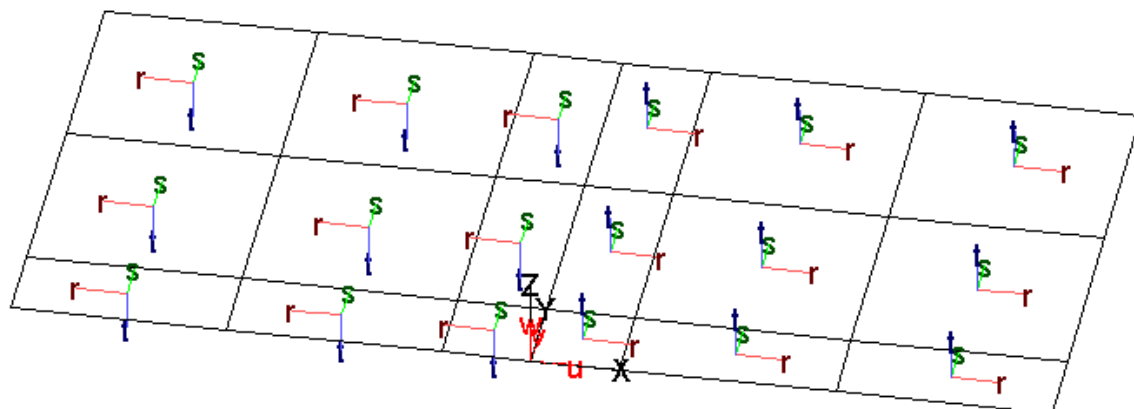
Необходимо создать следующую схему. Будем рассматривать только половину из-за симметрии задачи.



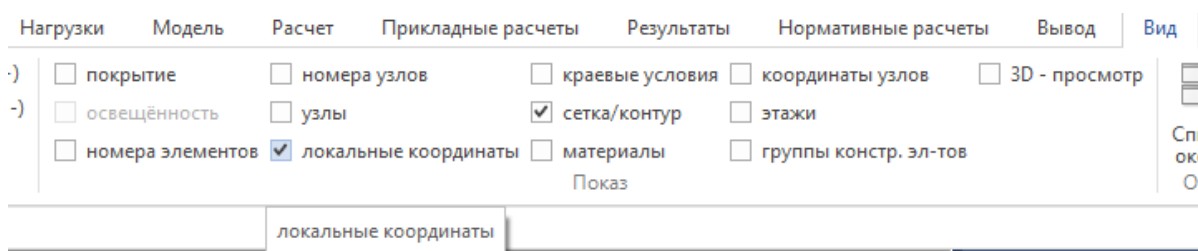
Для упрощения создания можно сделать только одну четверть плиты, а далее воспользоваться функцией «Зеркальное копирование».



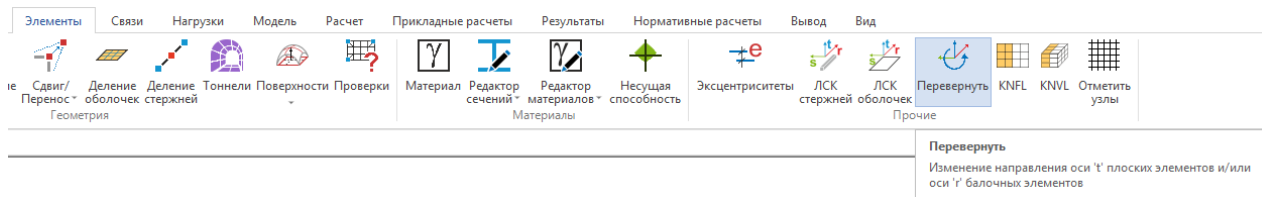
После зеркального копирования могут быть перевернуты локальные системы координат оболочек.



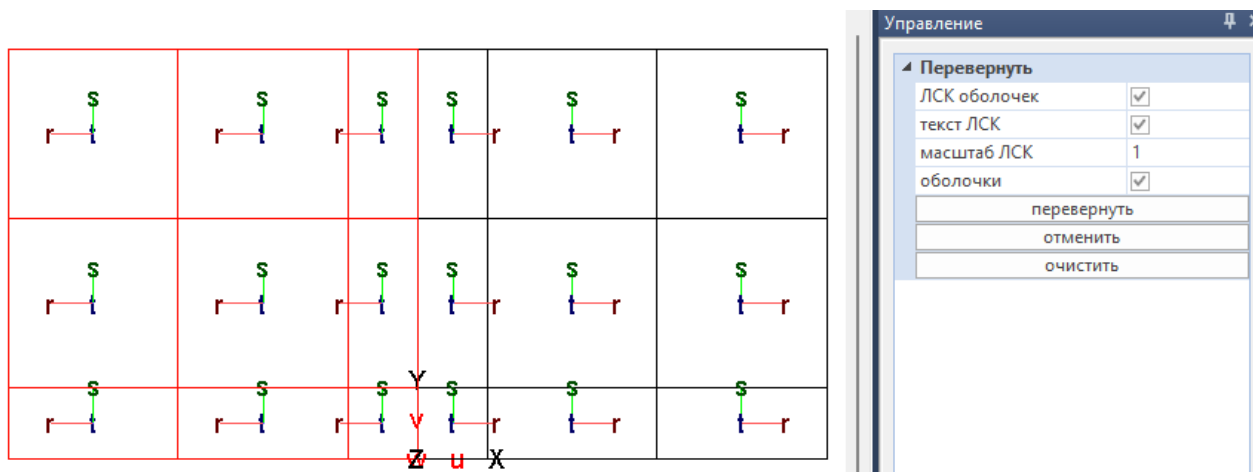
Проверить ЛСК можно включив отображение «*локальные координаты*» на вкладке «Вид».



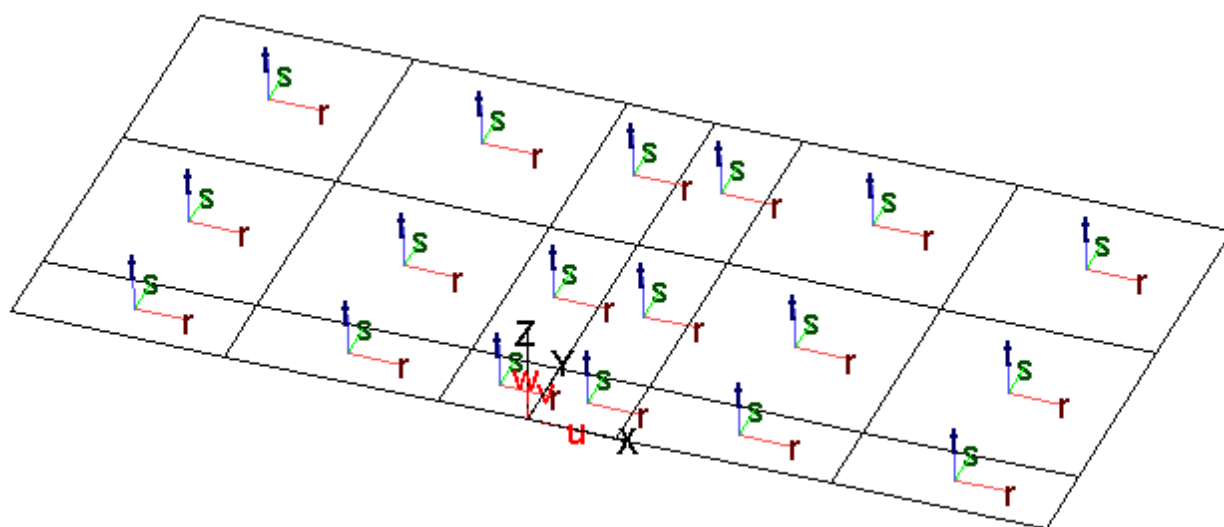
Для исправления ЛСК на вкладке «Элементы» выберем «Перевернуть».



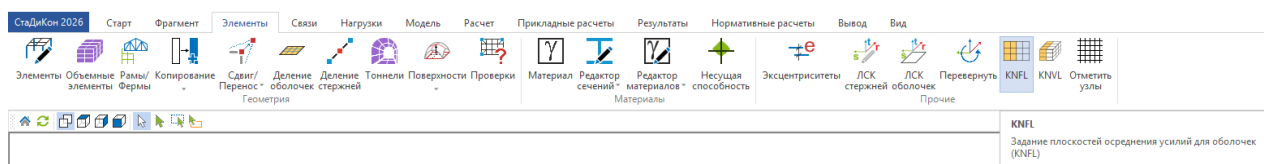
Отмечаем необходимые оболочки и жмем «*перевернуть*».



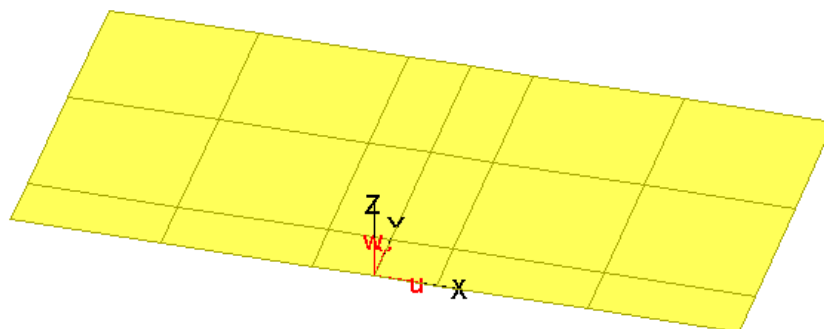
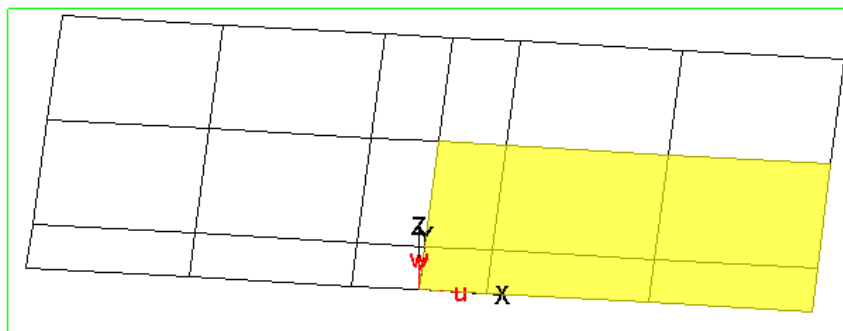
Теперь ЛСК исправлены.



Также на вкладке «Элементы» выберем «KNFL» для задания плоскости осреднения.

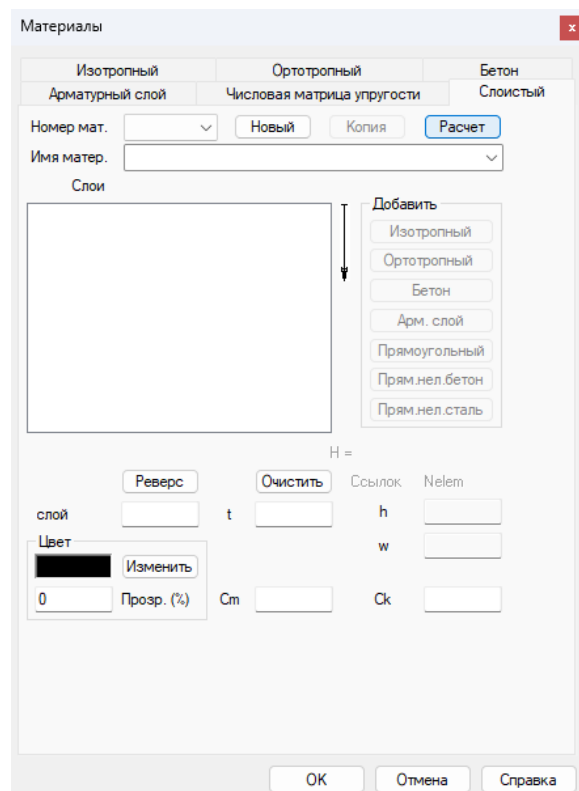
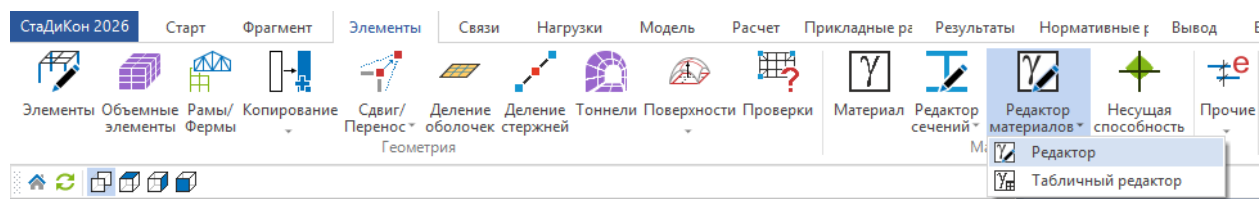


Групповым выбором выделяем все элементы.

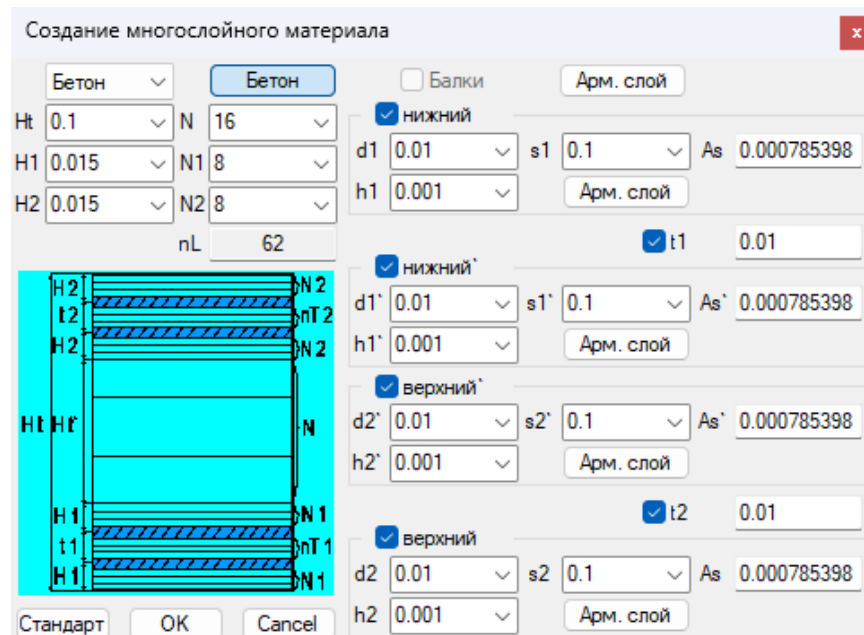


2.2. Материал

На вкладке «Элементы» выбираем «Редактор материалов» - «Редактор», переключаемся на вкладку – «слоистый» и нажимаем на «Расчет».



В открывшемся окне задаем следующие параметры и нажимаем «Бетон».



Задаем следующие характеристики бетона:

Бетон

Номер мат. 0 Новый Копировать

Имя матер. 0 (Бетон)

H 0.1 Стандарт

E 1.5e+07 Mue 0.2 ...

Rho 2.4 Krho 1

Rc 37000 Rt 1500

диаграмма "криволинейн"

Ebc1 0.00037 Ebt1 3.1e-05

Ebc0 0.002 Ebt0 0.0001

Ebc2 0.0035 Ebt2 0.00015

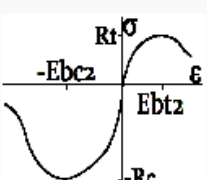
СП 63 ☐

Cm 0 Ck 0 Cm / Ck

Цвет Изменить

Прозр.(%)

Ссылка Материалов



OK Отмена Справка

После выбираем «Арм. слой».

Создание многослойного материала

Бетон Бетон Балки Арм. слой

h 0.1 N 16

h1 0.015 N1 8

h2 0.015 N2 8

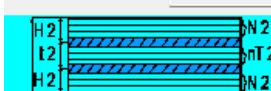
nL 62

☒ нижний d1 0.01 s1 0.1 As 0.000785398

h1 0.001 Арм. слой

☒ нижний* d1* 0.01 s1* 0.1 As* 0.000785398

h1* 0.001 Арм. слой



И задаем следующие параметры:

Материал

Арматурный слой

Номер мат. 0 Новый Копировать

Имя матер. 0 (Арм.слой)

H 0.001 Rho 7.85 ... Стандарт

E 2e+08 Krho 1

Ax 0 Alpha 0

Ay 0.000785398 St 380000

G 8.1e+07 Cm 0

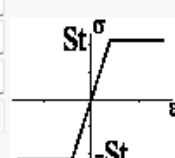
Cm / Ck Ck 0

предел деформ. ☐ Elim 0

Материалов Ссылка

Цвет Изменить

Прозр.(%)



OK Отмена Справка

После в окне «Создание многослойного материала» нажимаем «OK».

В каждом созданном слое арматуры (в данном примере это 9, 15, 48 и 54 слои) изменим толщину слоя на рассчитанное значение площади.

Подтверждаем создание материала нажатием «OK».

Материалы

Изоотропный Ортоотропный Бетон

Арматурный слой Числовая матрица упругости Слоистый

Номер мат. 12 Новый Копия Расчет

Имя матер. 12 (слоистый[62])

Слой 62

1. Бетон	1 (0.0018125)	"1 (Бетон)"
2. Бетон	1 (0.0018125)	"1 (Бетон)"
3. Бетон	1 (0.0018125)	"1 (Бетон)"
4. Бетон	1 (0.0018125)	"1 (Бетон)"
5. Бетон	1 (0.0018125)	"1 (Бетон)"
6. Бетон	1 (0.0018125)	"1 (Бетон)"
7. Бетон	1 (0.0018125)	"1 (Бетон)"
8. Бетон	1 (0.0018125)	"1 (Бетон)"
9. Арм.сл.	8 (0.000785398)	"2 (Арм.слои"
10. Бетон	2 (0.0018)	"3 (Бетон)"
11. Бетон	2 (0.0018)	"3 (Бетон)"
12. Бетон	2 (0.0018)	"3 (Бетон)"
13. Бетон	2 (0.0018)	"3 (Бетон)"

Добавить

Изоотропный

Ортоотропный

Бетон

Арм. слой

Прямоугольный

Прям.нел.бетон

Прям.нел.сталь

☒ вывод напряжений для центра пакета Ht = 0.0991416

Реверс Удалить Ссылка 18

слой 62 t 0.0973291 h 0.0018125

Цвет

0 Изменить

Прозр. (%) См 0 Ск 0

OK Отмена Справка

Далее переходим на «Материал», выбираем «тип – слоистый» и задаем созданный материал на оболочки.

СтаДиКон 2026 Старт Фрагмент Элементы Связи Нагрузки Модель Расчет Прикладные расчеты Результаты Нормативные расчеты Вывод Вид - ? X

Элементы Объемные элементы Рамы/Фермы Копирование Сдвиг/Перенос Деление оболочек Деление стержней Тоннели Поверхности Проверки Материал Редактор сечений Редактор материалов Несущая способность Прочие

Управление

Материалы

тип слоистый

фикс.тип ☐

материал 12

имя материала 12 (слоистый)

свойства

редактировать

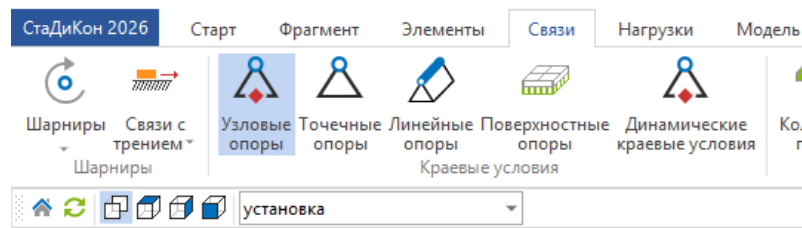
таблица материалов

Установки

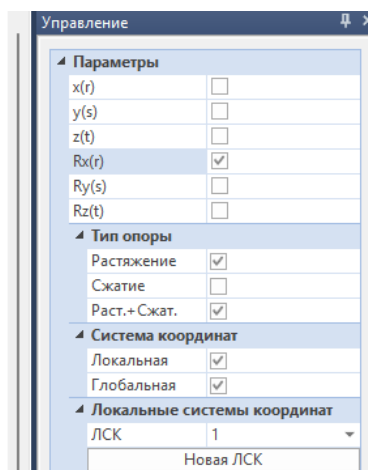
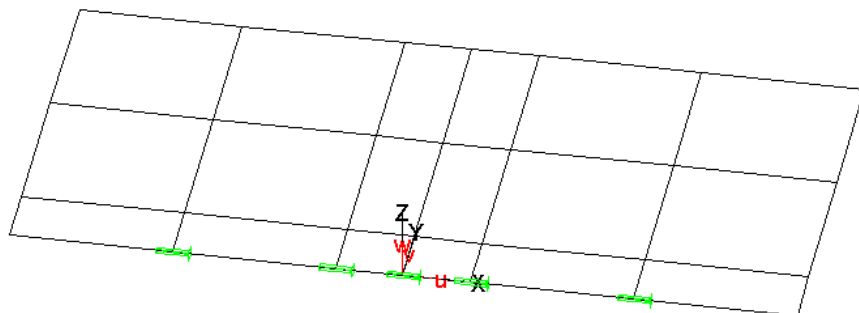
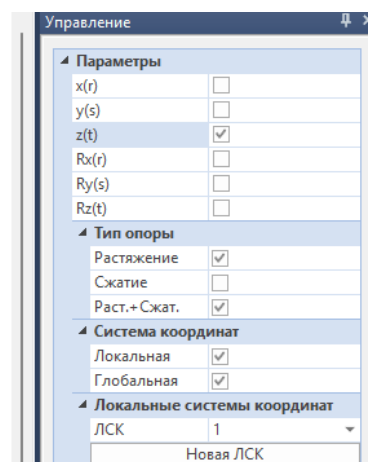
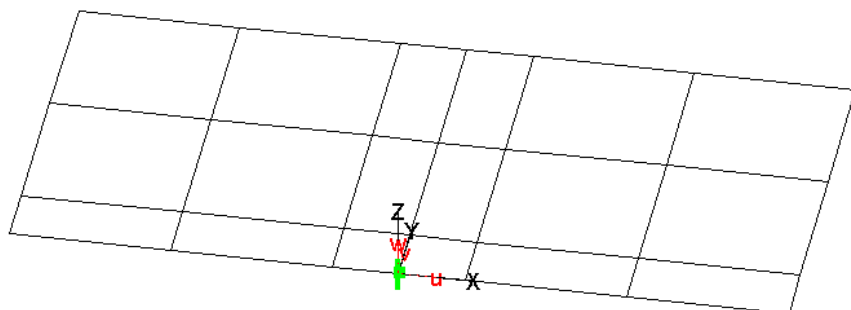
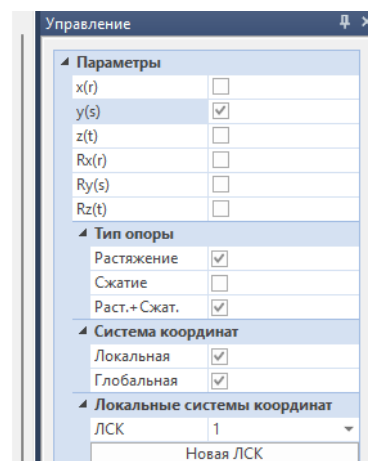
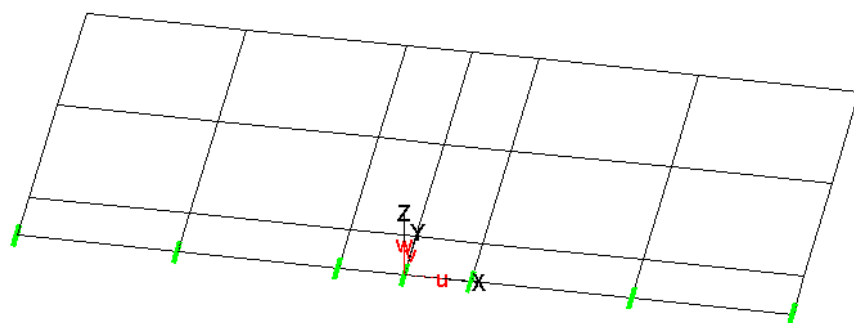
удалить неиспользуемые

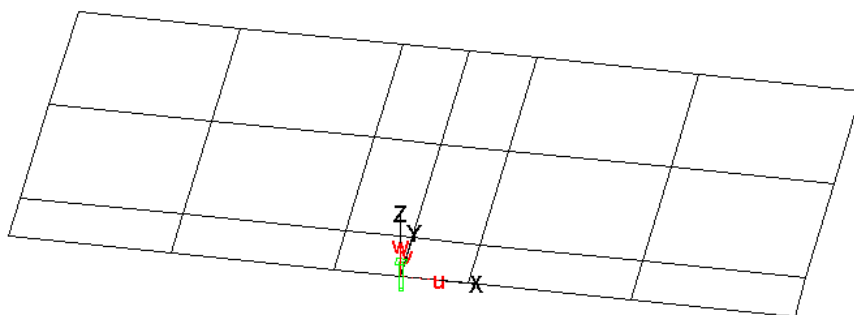
2.3. Установка связей

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



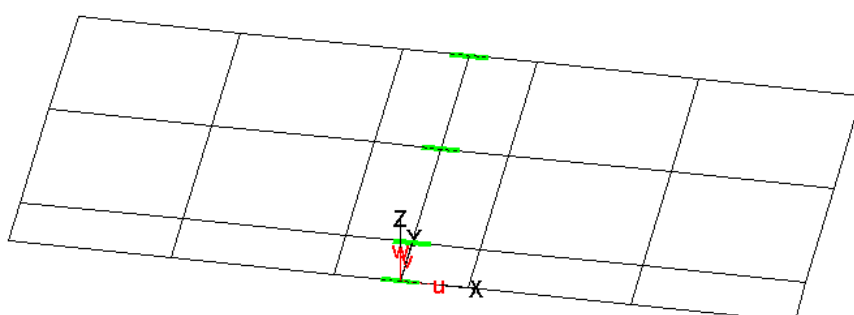
Задаем следующие опоры типа *Растяжение+Сжатие* с нулевыми жесткостями:



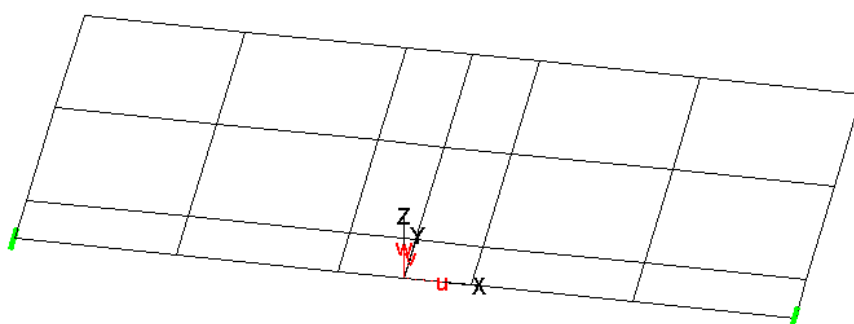


Управление	
Параметры	
$x(r)$	☐
$y(s)$	☐
$z(t)$	☐
$R_x(r)$	☐
$R_y(s)$	☐
$R_z(t)$	☒
Тип опоры	
Растяжение	☒
Сжатие	☐
Раст.+Сжат.	☒
Система координат	
Локальная	☒
Глобальная	☒
Локальные системы координат	
ЛСК	1
Новая ЛСК	

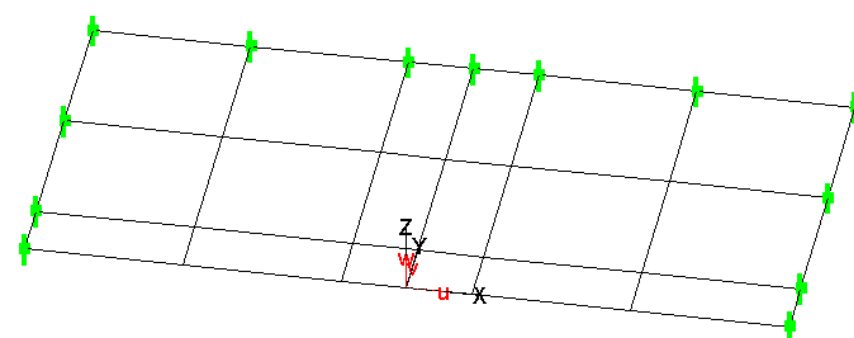
И также следующие опоры типа *Сжатие*:



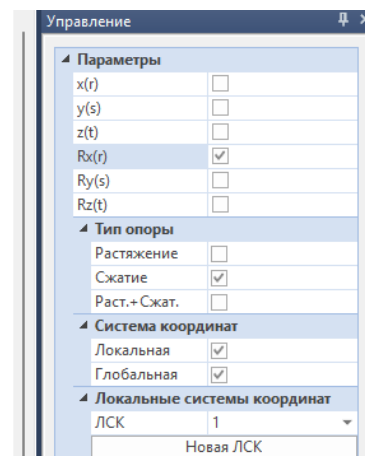
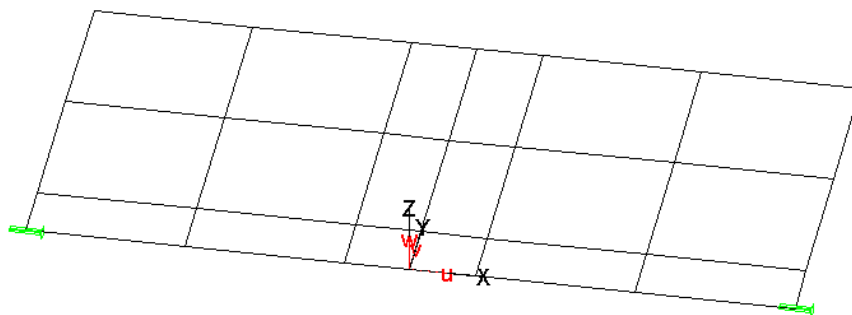
Управление	
Параметры	
$x(r)$	☒
$y(s)$	☐
$z(t)$	☐
$R_x(r)$	☐
$R_y(s)$	☐
$R_z(t)$	☐
Тип опоры	
Растяжение	☐
Сжатие	☒
Раст.+Сжат.	☐
Система координат	
Локальная	☒
Глобальная	☒
Локальные системы координат	
ЛСК	1
Новая ЛСК	



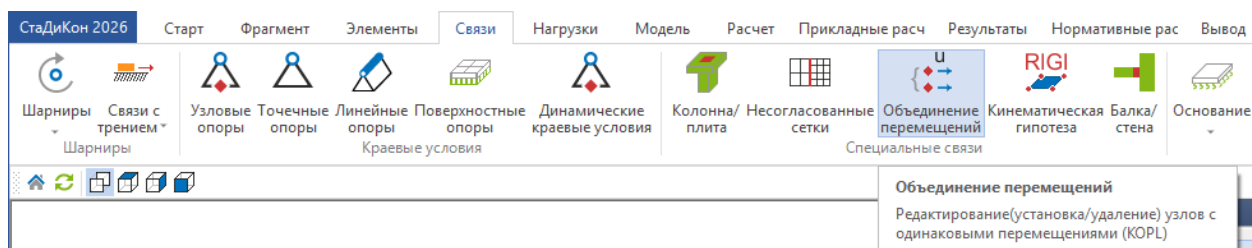
Управление	
Параметры	
$x(r)$	☐
$y(s)$	☒
$z(t)$	☐
$R_x(r)$	☐
$R_y(s)$	☐
$R_z(t)$	☐
Тип опоры	
Растяжение	☐
Сжатие	☒
Раст.+Сжат.	☐
Система координат	
Локальная	☒
Глобальная	☒
Локальные системы координат	
ЛСК	1
Новая ЛСК	



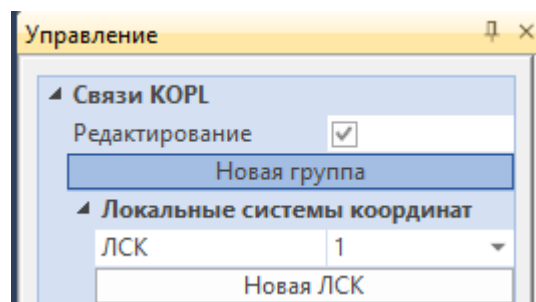
Управление	
Параметры	
$x(r)$	☐
$y(s)$	☐
$z(t)$	☒
$R_x(r)$	☐
$R_y(s)$	☐
$R_z(t)$	☐
Тип опоры	
Растяжение	☐
Сжатие	☒
Раст.+Сжат.	☐
Система координат	
Локальная	☒
Глобальная	☒
Локальные системы координат	
ЛСК	1
Новая ЛСК	



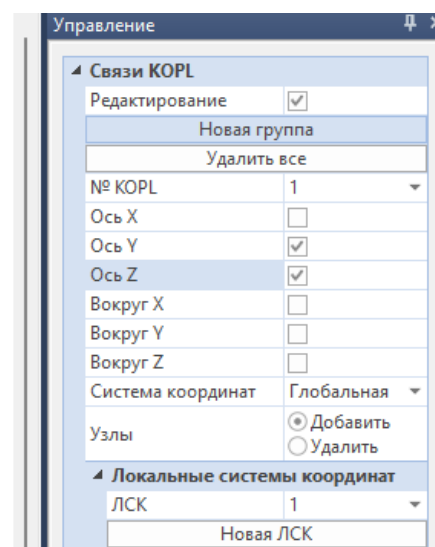
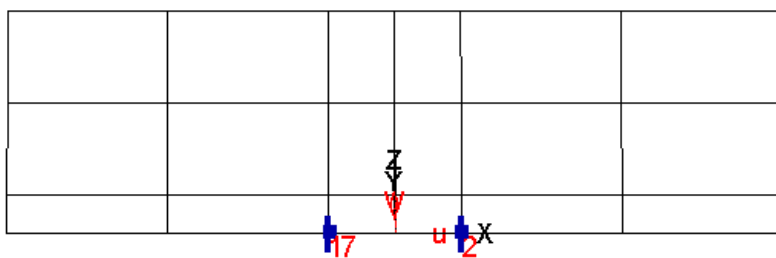
Теперь выберем «Объединение перемещений».



Ставим галочку на «Редактирование» и нажимаем «Новая группа».

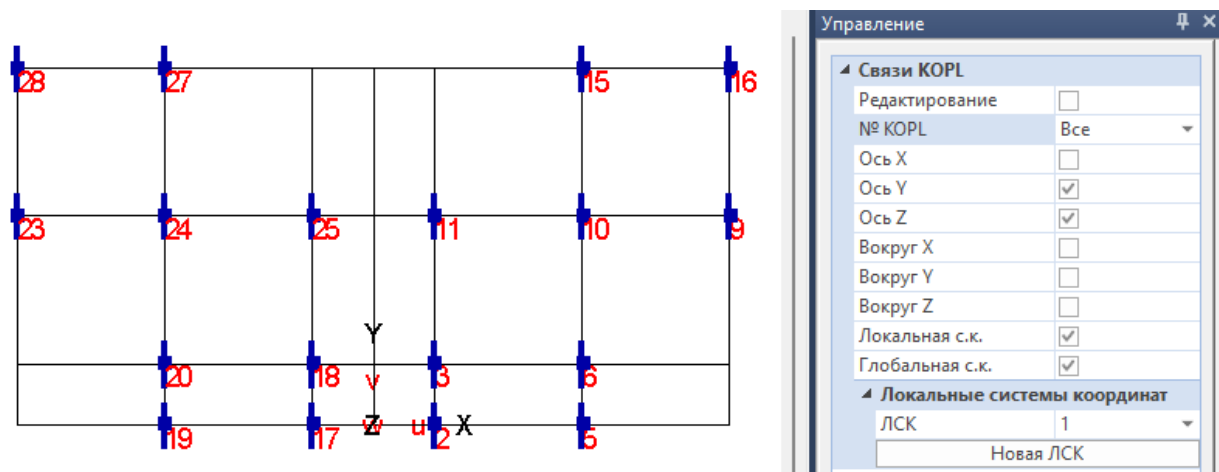


Далее попарно симметрично задаем связи по осям Y и Z.



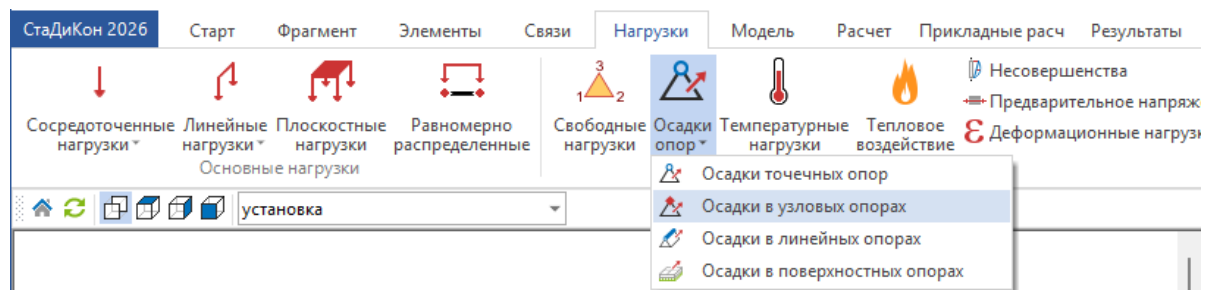
После создания каждой пары обязательно создаем новую группу!

Итого должно быть девять групп (в каждой группе по две симметричных связи).

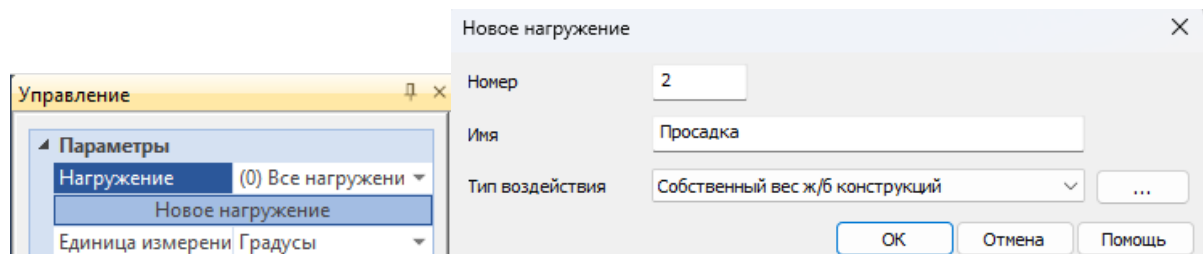


2.4. Нагружение

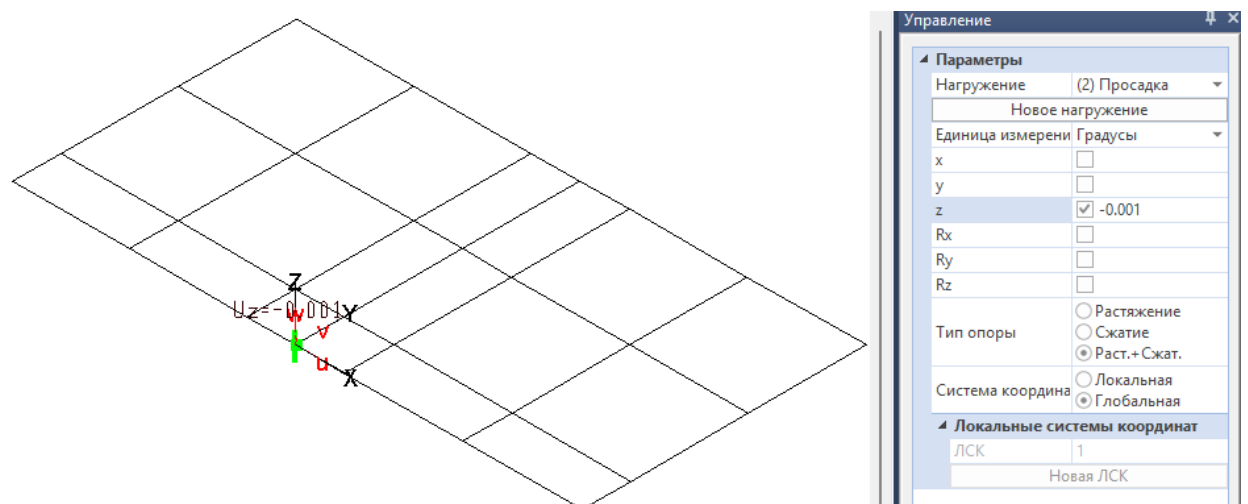
Перейдем к установке нагружения. На вкладке «Нагрузки» выбираем «Осадки опор» - «Осадки опор в узловых опорах».



Создаем «Новое нагружение». Указываем номер нагружения – 2, так как в первое нагружение автоматически добавляется собственный вес.

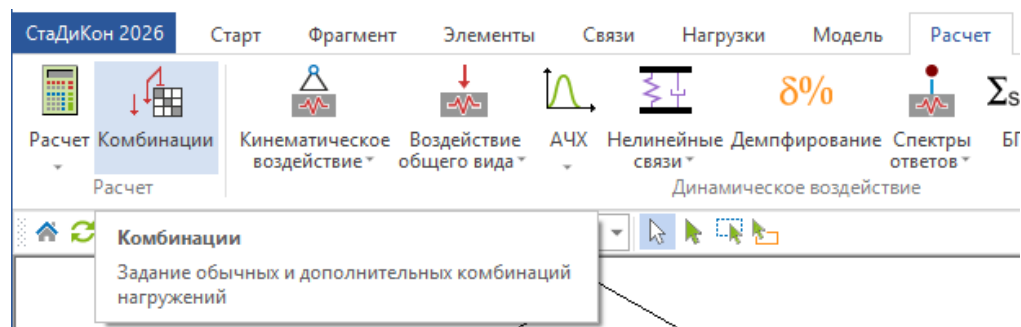


Задаем в центральный узел перемещение по Z равное «-0.001м».



2.5. Статический расчет

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



Создаем следующие 65 комбинаций нагрузжений, что соответствуют циклической нагрузке: 1.(4); -1.(3); 1.(5); -1.(5); 1.(12); -1.(9); 1.(17); -1.(10).

Задание и корректировка комбинаций

Комбинации

Собств. колебания

Доп. комбинации

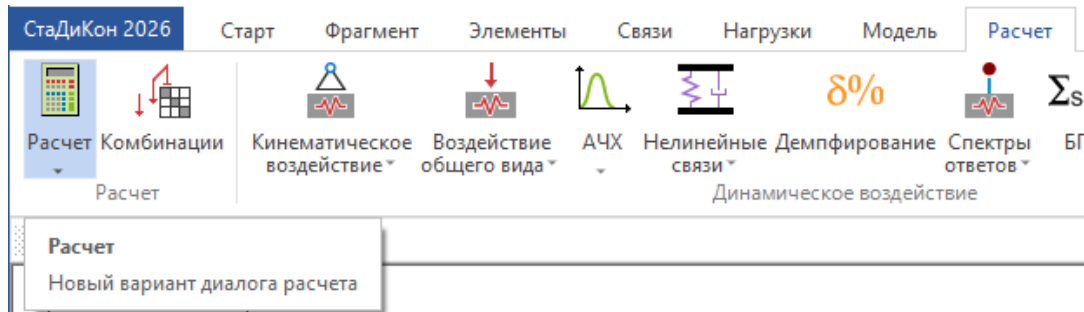
Несовершенства

теория Кулона - Мора

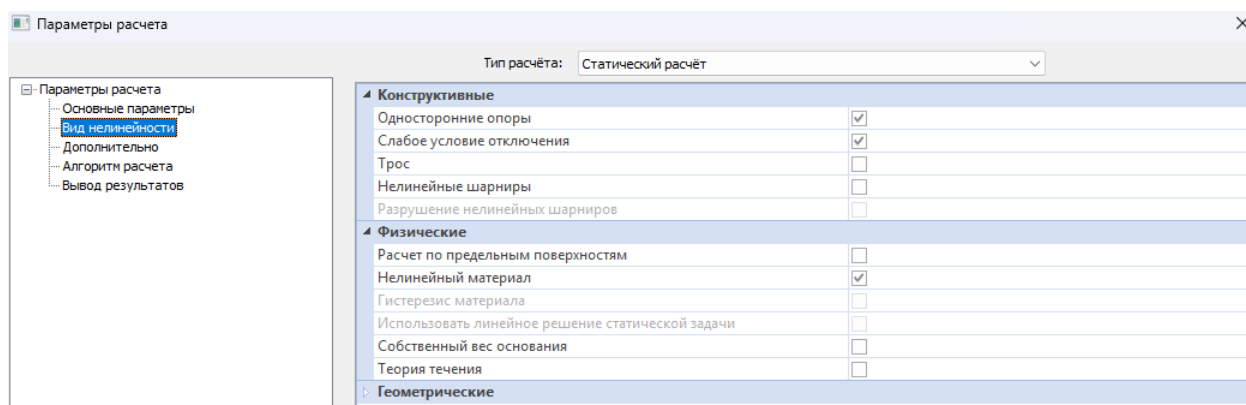
	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8	K-9	K-10	K-11	K-12	K-13	K-14	K-15	K-16	K-17	K-18	K-19	K-20	K-21	K-22	K-23	K-24	K-25	K-26	K-27	K-28	K-29	K-30	K-31	K-32	K-33	K-34	K-35	K-36	K-37	K-38
1.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.Просадка	1	2	3	4	3	2	1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4

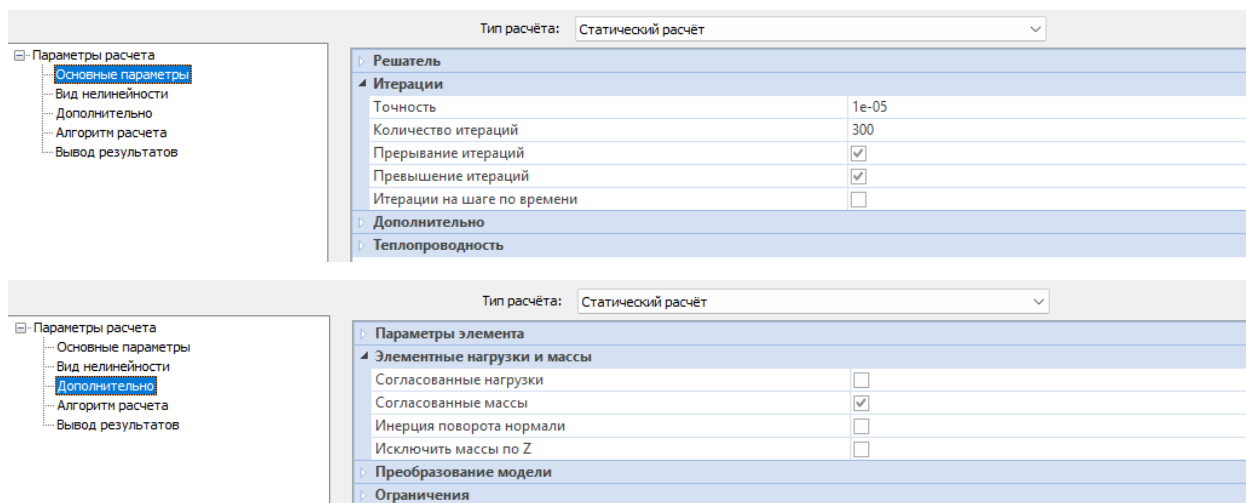
	K-38	K-39	K-40	K-41	K-42	K-43	K-44	K-45	K-46	K-47	K-48	K-49	K-50	K-51	K-52	K-53	K-54	K-55	K-56	K-57	K-58	K-59	K-60	K-61	K-62	K-63	K-64	K-65										
1.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2.Просадка	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Теперь выбираем «Расчет».



И устанавливаем следующие параметры (свернутые и непоказанные параметры установлены по умолчанию).



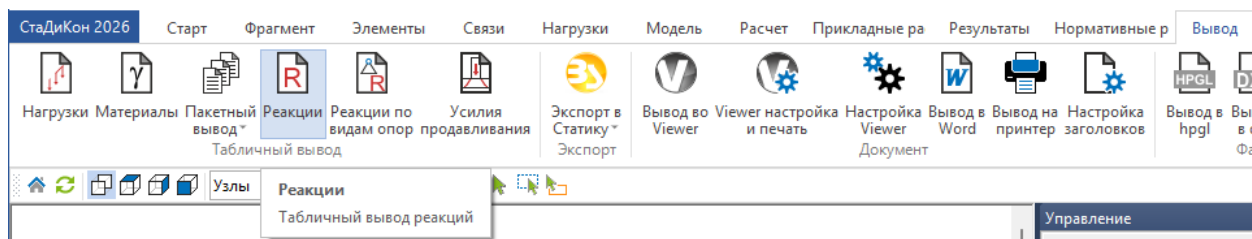


Запускаем расчет нажав на соответствующую кнопку.

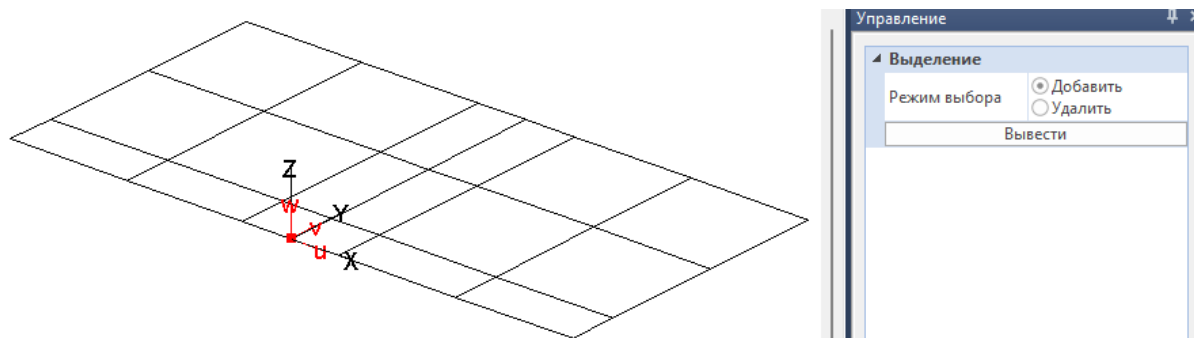
Результаты просматриваются на вкладке «Результаты».

Для удобства воспользуемся выводом необходимых нам результатов.

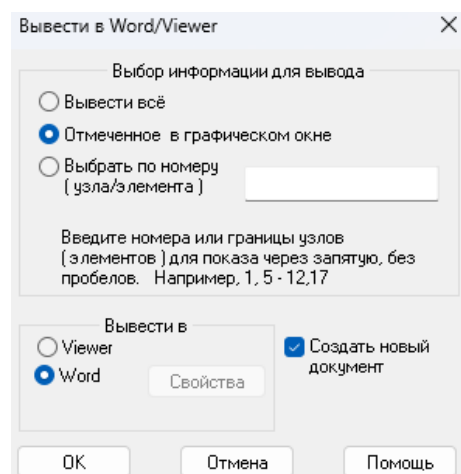
На вкладке «Вывод» выбираем «Реакции»



Нажатием ЛКМ выбираем центральный узел и нажимаем «Вывести».



Выберем вывод в новый документ Word.



Получаем следующие результаты, с которыми удобно далее оперировать в Excel.

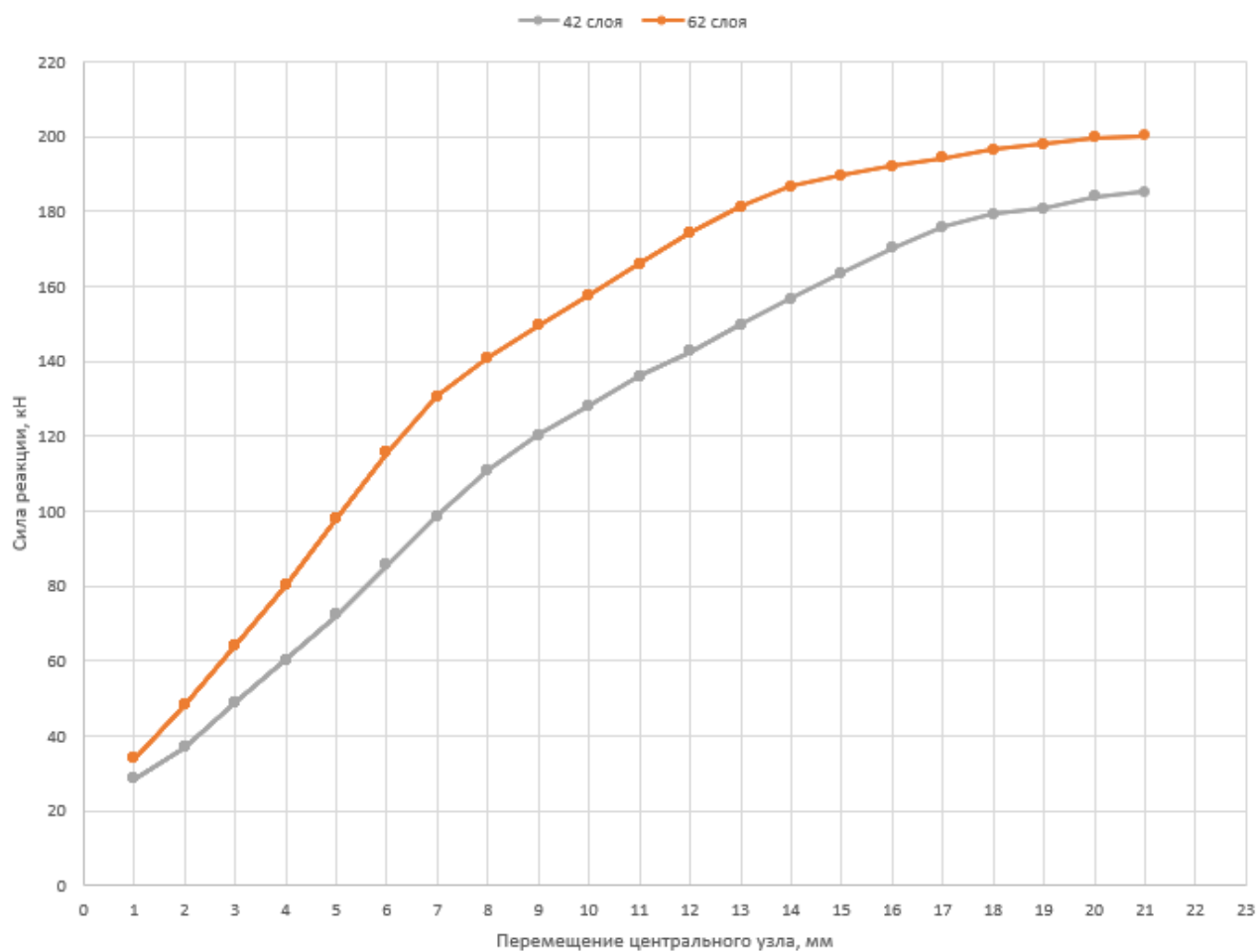
Реакции опор общего вида в глобальных координатах
(статический расчет)

Kn	Lnk	Ax [кН]	Ay [кН]	Az [кН]	Mx [кНм]	My [кНм]	Mz [кНм]
1	1	0.000	5.342	-16.944	-1.552	-0.000	-0.000
	2	-0.000	5.087	-24.108	-2.311	-0.000	0.000
	3	0.000	4.087	-32.038	-3.085	0.000	0.000
	4	-0.000	4.954	-40.042	-3.820	0.000	-0.000
	5	-0.000	4.087	-32.038	-3.085	-0.000	0.000
	6	0.000	5.087	-24.108	-2.311	0.000	-0.000
	7	-0.000	5.342	-16.944	-1.552	-0.000	0.000
	8	-0.000	5.087	-24.108	-2.311	-0.000	0.000
	9	-0.000	4.087	-32.038	-3.085	-0.000	0.000
	10	-0.000	4.954	-40.042	-3.820	0.000	0.000
	11	-0.000	6.501	-49.015	-4.661	0.000	-0.000
	12	0.000	10.620	-57.776	-5.300	-0.000	-0.000
	13	0.000	6.501	-49.015	-4.661	0.000	-0.000
	14	-0.000	4.954	-40.042	-3.820	-0.000	-0.000
	15	0.000	4.087	-32.038	-3.085	0.000	-0.000
	16	0.000	5.087	-24.108	-2.311	0.000	0.000
	17	-0.000	5.342	-16.944	-1.552	0.000	-0.000
	18	-0.000	5.087	-24.108	-2.311	-0.000	0.000
	19	-0.000	4.087	-32.038	-3.085	-0.000	0.000
	20	0.000	4.954	-40.042	-3.820	0.000	-0.000
	21	-0.000	6.501	-49.015	-4.661	-0.000	0.000
	22	-0.000	10.620	-57.776	-5.300	0.000	-0.000
	23	0.000	16.973	-65.241	-5.796	0.000	-0.000
	24	-0.000	20.391	-70.394	-6.141	-0.000	0.000
	25	0.000	23.592	-74.692	-6.461	-0.000	-0.000
	26	-0.000	26.819	-78.774	-6.774	-0.000	0.000
	27	0.000	30.040	-82.987	-7.098	-0.000	0.000
	28	0.000	33.047	-87.122	-7.412	0.000	-0.000
	29	0.000	35.695	-90.631	-7.683	0.000	-0.000
	30	0.000	33.047	-87.122	-7.412	0.000	-0.000
	31	0.000	30.040	-82.987	-7.098	-0.000	-0.000
	32	-0.000	26.819	-78.774	-6.774	0.000	0.000
	33	-0.000	23.592	-74.692	-6.461	-0.000	0.000
	34	0.000	20.391	-70.394	-6.141	0.000	-0.000
	35	0.000	16.973	-65.241	-5.796	-0.000	-0.000
	36	0.000	10.620	-57.776	-5.300	-0.000	0.000
	37	0.000	6.501	-49.015	-4.661	0.000	-0.000
	38	0.000	4.954	-40.042	-3.820	-0.000	-0.000
	39	-0.000	6.501	-49.015	-4.661	0.000	0.000
	40	-0.000	10.620	-57.776	-5.300	-0.000	-0.000
	41	0.000	16.973	-65.241	-5.796	0.000	0.000
	42	0.000	20.391	-70.394	-6.141	-0.000	0.000
	43	0.000	23.592	-74.692	-6.461	-0.000	-0.000
	44	-0.000	26.819	-78.774	-6.774	0.000	0.000
	45	0.000	30.040	-82.987	-7.098	-0.000	-0.000
	46	0.000	33.047	-87.122	-7.412	0.000	-0.000
	47	-0.000	35.695	-90.631	-7.683	0.000	0.000
	48	0.000	37.528	-93.289	-7.891	-0.000	-0.000
	49	0.000	38.074	-94.726	-7.998	-0.000	0.000
	50	0.000	38.628	-95.984	-8.095	-0.000	-0.000
	51	-0.000	38.827	-97.149	-8.180	0.000	-0.000
	52	0.000	38.939	-98.178	-8.256	0.000	-0.000
	53	-0.000	38.789	-98.950	-8.304	-0.000	0.000
	54	0.000	38.755	-99.836	-8.365	0.000	-0.000
	55	-0.000	38.783	-100.067	-8.413	-0.000	0.000
	56	0.000	38.755	-99.836	-8.365	0.000	-0.000
	57	0.000	38.789	-98.950	-8.304	-0.000	0.000
	58	-0.000	38.939	-98.178	-8.256	-0.000	0.000
	59	-0.000	38.827	-97.149	-8.180	-0.000	-0.000
	60	-0.000	38.628	-95.984	-8.095	-0.000	0.000
	61	-0.000	38.074	-94.726	-7.998	-0.000	-0.000
	62	-0.000	37.528	-93.289	-7.891	-0.000	-0.000
	63	-0.000	35.695	-90.631	-7.683	0.000	-0.000
	64	0.000	33.047	-87.122	-7.412	0.000	0.000
	65	0.000	30.040	-82.987	-7.098	0.000	-0.000

Далее в Excel реакция **Az** была умножена на «-2», так как мы рассматривали только половину плиты из-за симметрии, и был построен график зависимости реакции от перемещений.

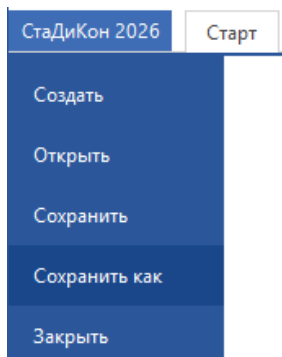
Также отдельно для показа влияния толщины слоев на результаты был изменен материал на аналогичный, но с меньшим числом слоев – 42.

В данном расчете не учитывалось разгружение.

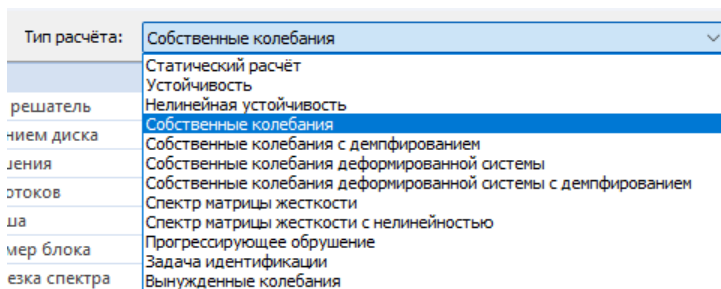


2.6. Расчет на собственные колебания

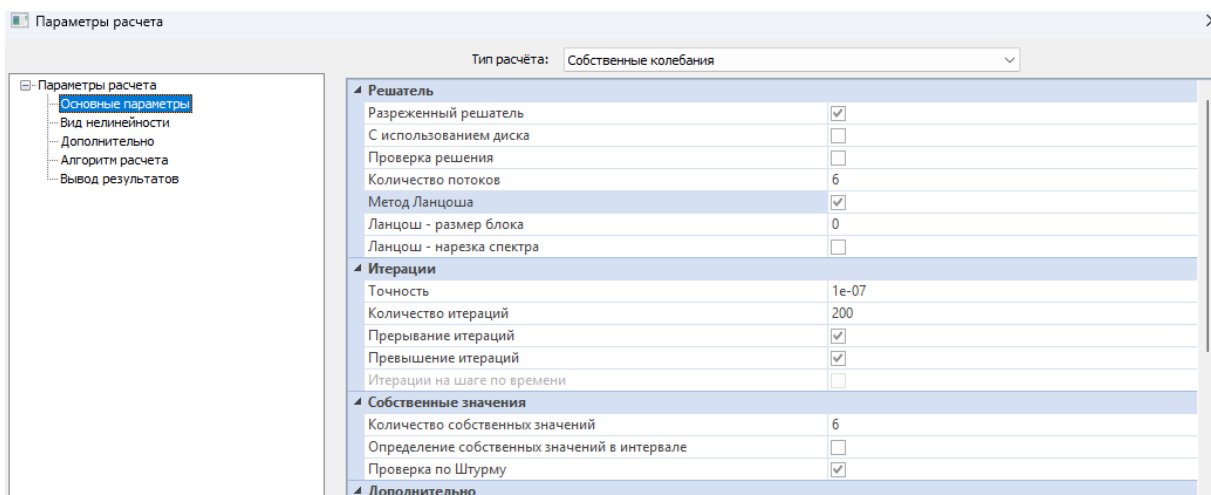
Далее посмотрим на поведение данной задачи в динамике. Начнем с расчета на собственные колебания. Сделаем копию схемы с другим названием, используя «Сохранить как» на вкладке «СтаДиКон».



После возвращаемся в параметры расчета и выбираем тип расчета «Собственные колебания».



В параметрах включим «Метод Ланцоша».



Остальные параметры должны были сохраниться.

Тип расчёта: Собственные колебания

Панель параметров:

- Параметры расчёта
 - Основные параметры
 - Вид нелинейности**
 - Дополнительно
 - Алгоритм расчёта
 - Вывод результатов

4 Конструктивные	
Односторонние опоры	☒
Слабое условие отключения	☒
Трос	☐
Нелинейные шарниры	☐
Разрушение нелинейных шарниров	☐
4 Физические	
Расчет по предельным поверхностям	☐
Нелинейный материал	☒
Гистерезис материала	☐
Использовать линейное решение статической задачи	☐
Собственный вес основания	☐
Теория течения	☐
4 Геометрические	

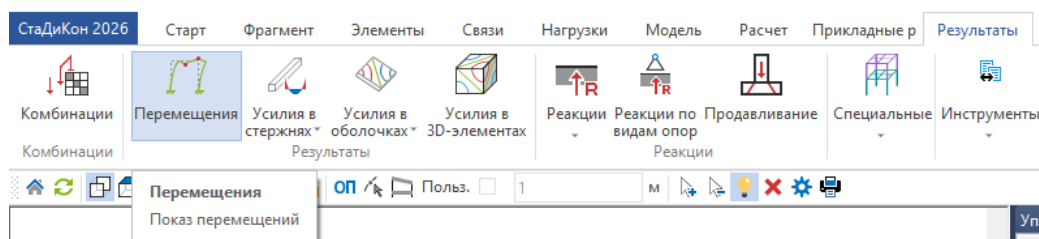
Тип расчёта: Собственные колебания

Панель параметров:

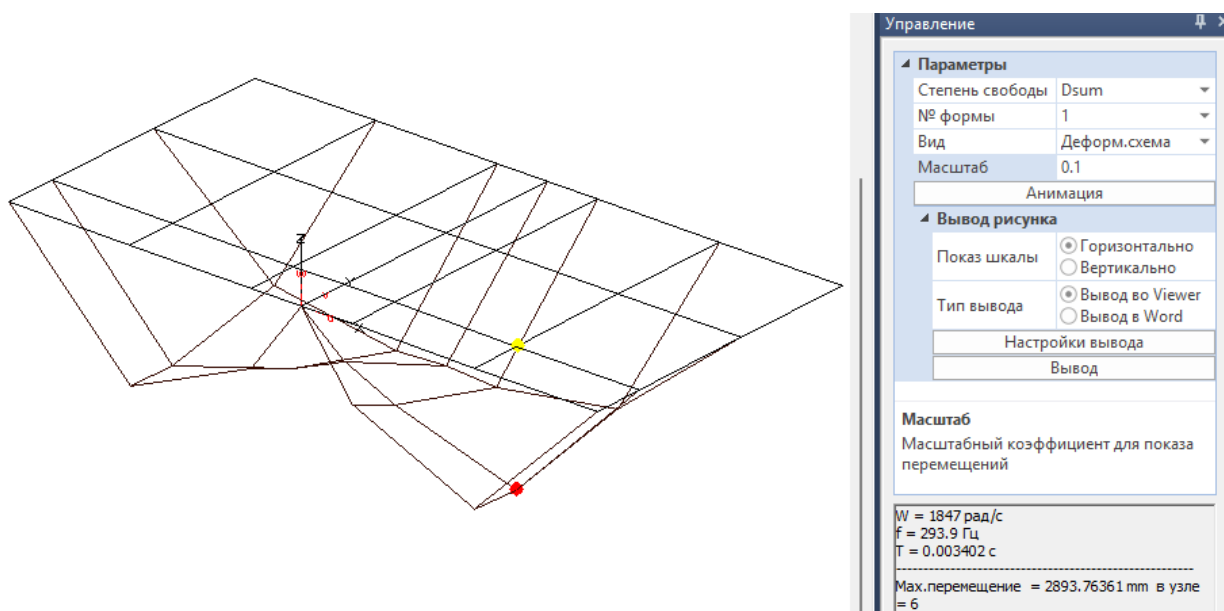
- Параметры расчёта
 - Основные параметры
 - Вид нелинейности
 - Дополнительно
 - Алгоритм расчёта
 - Вывод результатов

↑ Параметры элемента	
4 Элементные нагрузки и массы	
Согласованные нагрузки	☐
Согласованные массы	☒
Инерция поворота нормали	☐
Исключить массы по Z	☐
↑ Преобразование модели	
Ограничения	

Запускаем на расчет и после переходим на вкладку «Результаты» - «Перемещения».

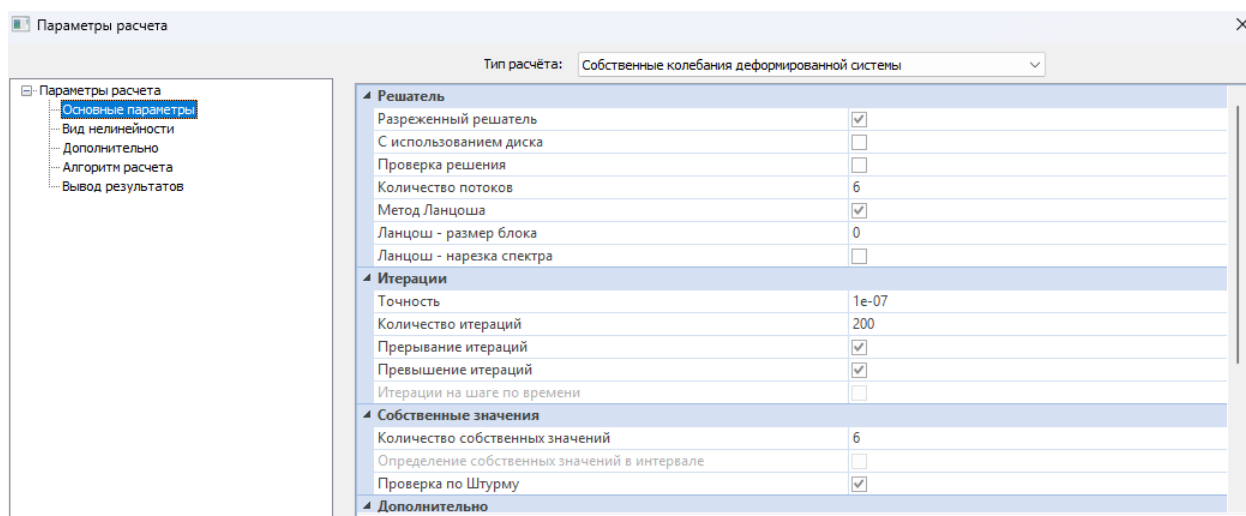


В окне «Управление» можно переключаться между полученными формами собственных колебаний и посмотреть вычисленные значения частот и периода.



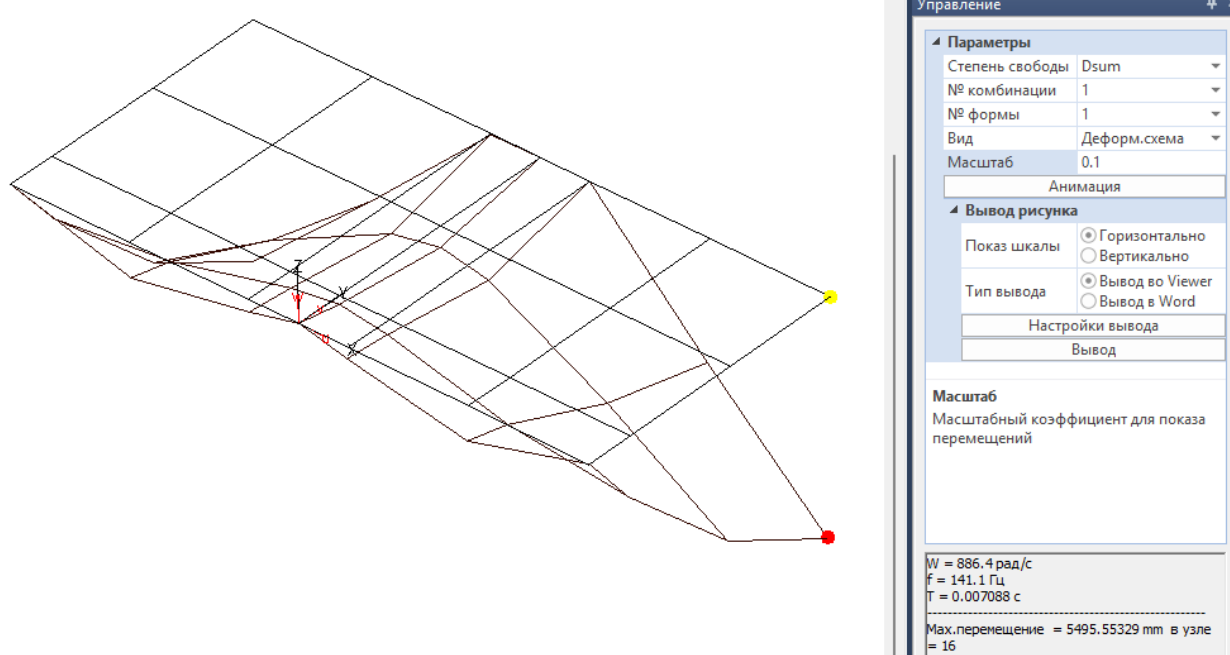
2.7. Расчет на собственные колебания деформированной системы

В окне параметров расчета устанавливаем тип расчета «Собственные колебания деформированной системы».



Запускаем на расчет.

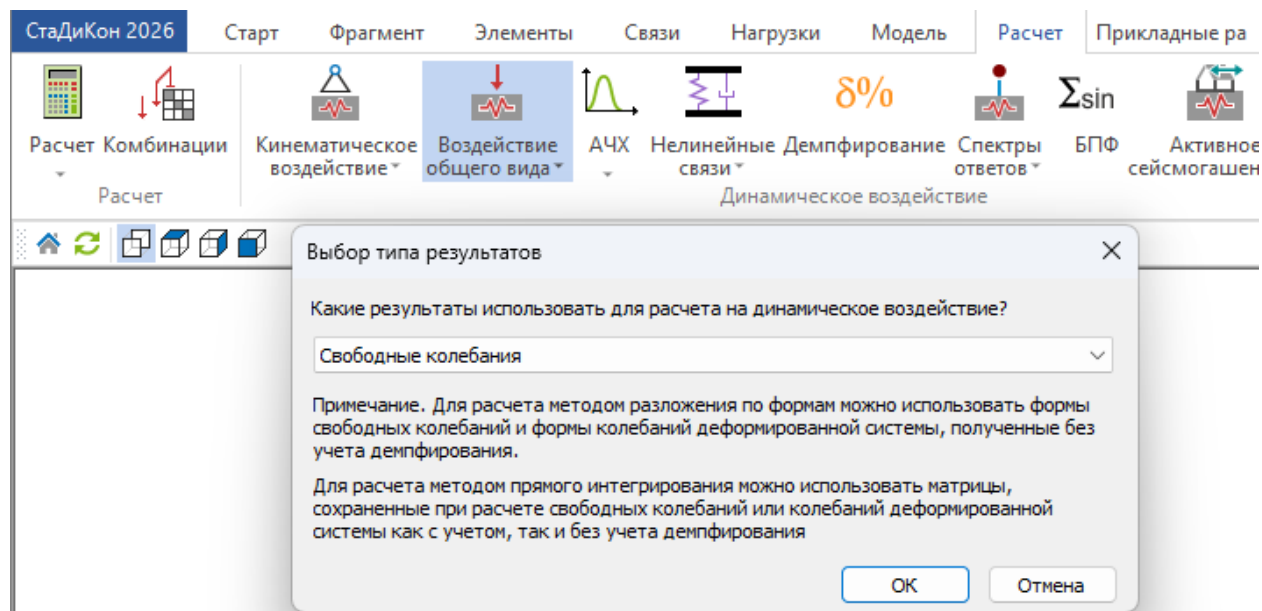
После аналогично просматриваем результаты.



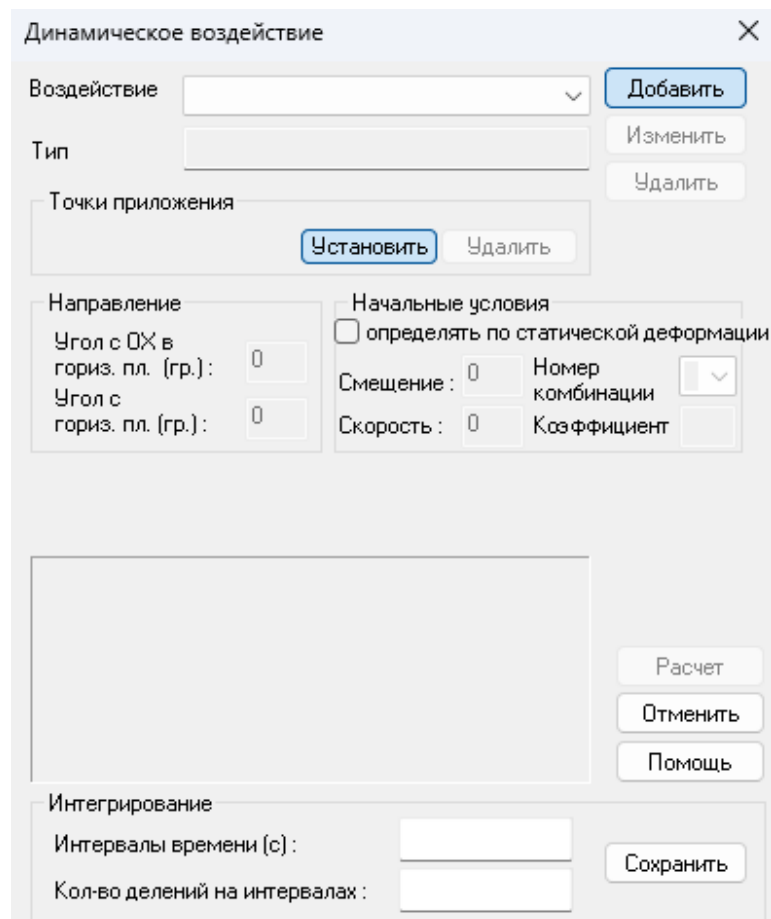
Заметно, как уменьшилось значение частоты и увеличился период при учете деформированной системы.

2.8. Динамический расчет

На вкладке «**Расчет**» зададим воздействие через «**Воздействие общего вида**». Расчет по данной функции нам ничего не даст, поэтому мы используем его только для создания воздействия. И поэтому на окне «*Выбор типа результатов*» в нашем случае нет разницы, что выбрать. Пусть будут выбраны «*Свободные колебания*».



В открывшемся окне «*Динамическое воздействие*» нажимаем «*Добавить*».



Тип воздействия выбираем «из нагрузжений» и жмем «OK».

Выберите тип воздействия

☐ Узловая нагрузка
☐ Сила
☐ Момент

☐ Поле ускорений
☐ неравномерное
☐ равномерное

☒ из нагрузжений
 Комбинация № 1
 Деформационные и температурные нагрузки не учитываются!

OK
 Отменить
 Помощь

В следующем окне вводим имя нагрузки и выбираем «Заполнить».

Задание коэффициента для изменения нагрузки (воздейст... X

Файл: ...

Имя: Цикл_нагрузка

Способ задания

☒ по точкам
☐ формулой вида: $a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \sin(w_i t + f_i)$

Время (с)	Коэффициент
0	1
1	1

Добавить
 Удалить
 Заполнить
 Сдвиг по времени

F(t)
 t

OK
 Отменить
 Помощь

Зададим следующие значения:

Заполнить таблицу X

Время воздействия (с): 650
 Число точек (значений в таблице): 66

OK
 Отменить
 Помощь

Указанный интервал времени будет разбит на равномерные интервалы (значения усилий будут установлены в 0).

Теперь необходимо ввести значения нашей циклической нагрузки в столбец «Коэффициент». Для упрощения ввода можно скопировать значения из созданной ранее комбинации нагрузок и вставить в Excel с транспонированием. После чего скопировать из Excel и вставить в столбец. На нулевом моменте времени оставляем нулевой коэффициент.

Задание коэффициента для изменения нагрузки (воздейств...)

Файл:

Имя: Цикл_нагрузка

Способ задания

☒ по точкам

☐ формулой вида: $a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \sin(\omega_i t + f_i)$

Время (с)	Коэффициент
10	1
20	2
30	3
40	4
50	3

Добавить
Удалить
Заполнить
Сдвиг по времени

OK
Отменить
Помощь

График F(t) vs t

После заполнения таблицы нажимаем «OK» и сохраняем данное воздействие. В дальнейшем его можно будет импортировать и изменять.

Для установки следующих параметров нажимаем «Расчет».

Динамическое воздействие

Воздействие: 1. Цикл_нагрузка

Тип: Статическая нагрузка (комбинация 1)

Точки приложения:

Направление: Угол с ОХ в гориз. пл. (гр.): 0, Угол с гориз. пл. (гр.): 0

Начальные условия: ☐ определять по статической деформации

Смещение: 0, Скорость: 0, Номер комбинации: , Коэффициент:

Расчет
Отменить
Помощь

Интегрирование: Интервалы времени (с): , Кол-во делений на интервалах:

Сохранить

В открывшемся окне параметров изменим интервал интегрирования и шаг выдачи. После нажимаем на «Реакция».

Параметры расчета

Обратные связи и спектральный мониторинг

- ☒ не учитывать
- ☐ учитывать обратные связи
- ☐ учитывать обратные связи (ЛМН)
- ☐ учитывать результаты спектрального мониторинга

>>

Демпфирование:

- ☒ по Фойхту

Ф.	%
1	5
2	5
3	5
4	5
5	5
6	5

Диапазон: 1 - 6

Сохранить матрицу

☐ Непропорц.

Количество учитываемых форм: 6

Количество форм Ритца: 6

Интервал интегрирования: 700

Шаг выдачи (с): 1

Контроль устойчивости ☐

Учет нелинейных связей ☐

Учет недиаг. масс ☒

Матрица демпфирования - из расчета своб. колеб. с демпфированием ☐

Сохранить DR-файл ☐

Вычислять факторы участия ☐

Загрузить имеющиеся ☐

☐ из другого проекта ...

Воздействие Реакция

Отменить Помощь

Как и было сказано ранее, данный расчет не даст нам результатов. Но теперь наше воздействие будет сохранено для дальнейшего расчета.

Динамическая реакция (перемещения)

Номер узла

- ☒ Узлы 1
- ☐ Мод. коэф.
- ☐ Перекосы 1
- ☐ Польз. величина норм., м 1 OK

Показать

- ☒ Перемещение ☒ X ☐ абсолютное
- ☐ Скорость ☐ Y ☒ относительное
- ☐ Ускорение ☐ Z

С учетом демпфирования

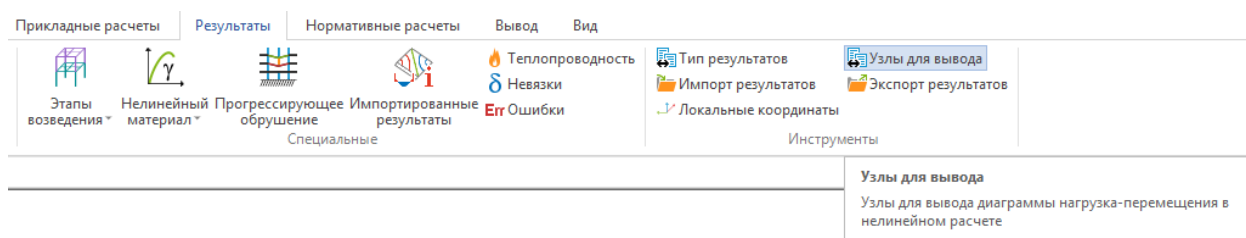
График: X1, м vs T, c. Max=0.00e+00, Min=0.00e+00.

Воздействие Таблица... OK

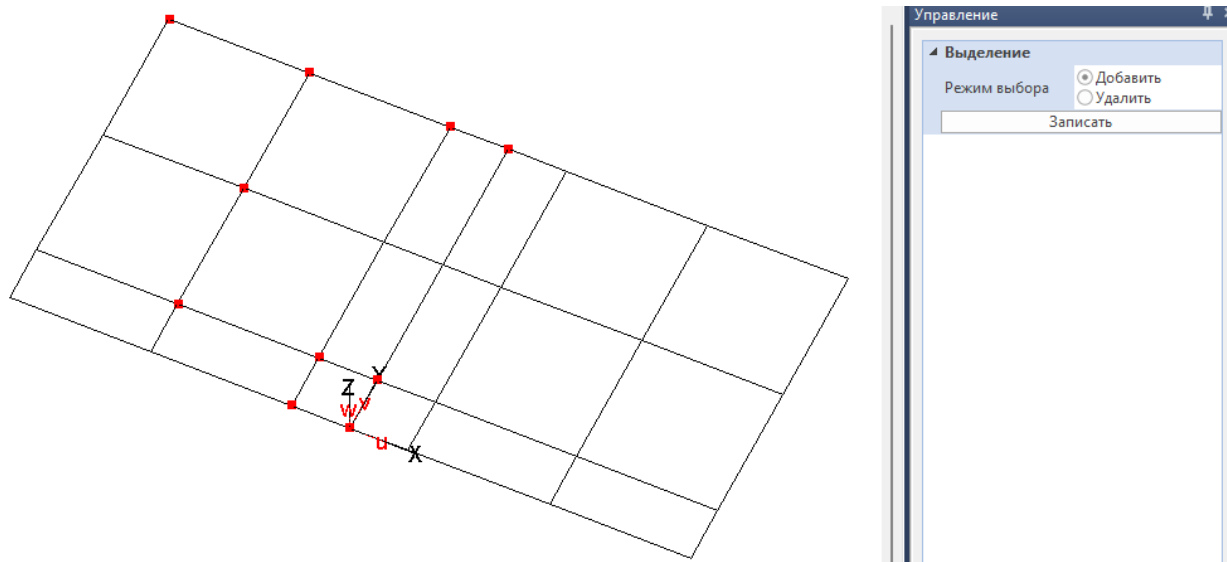
Усилия Экспорт Помощь

Связи Анимация

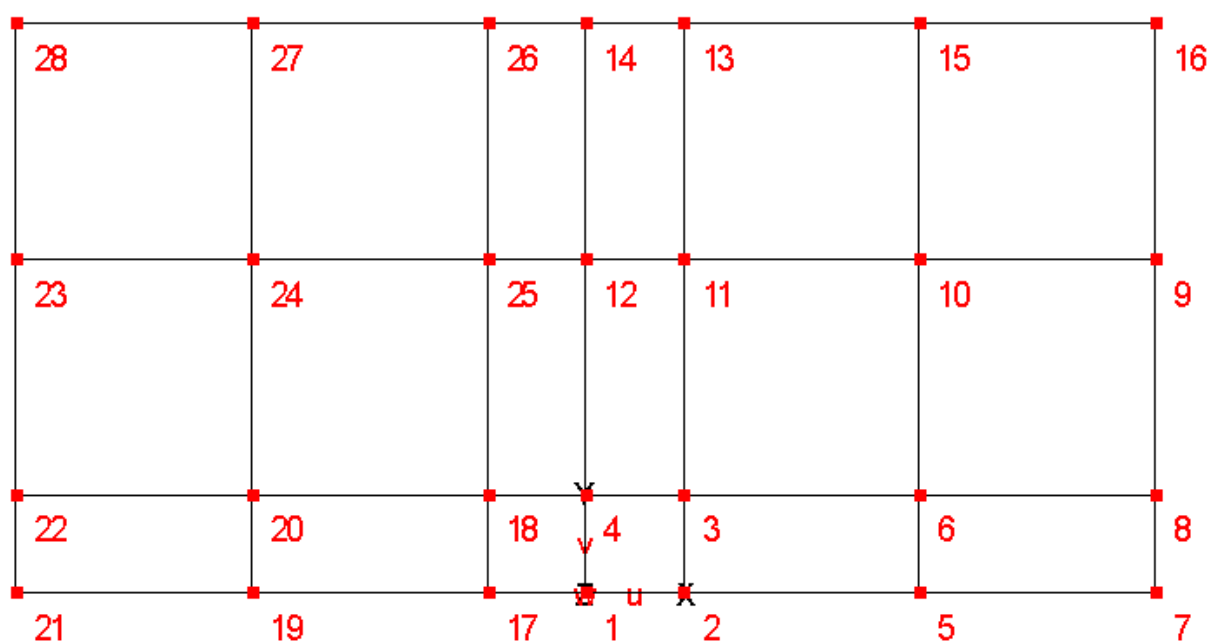
Закрываем окно нажатием «OK» и переходим на вкладку «Результаты» - «Узлы для вывода». Здесь мы укажем несколько узлов для дальнейшего построения графиков для них.



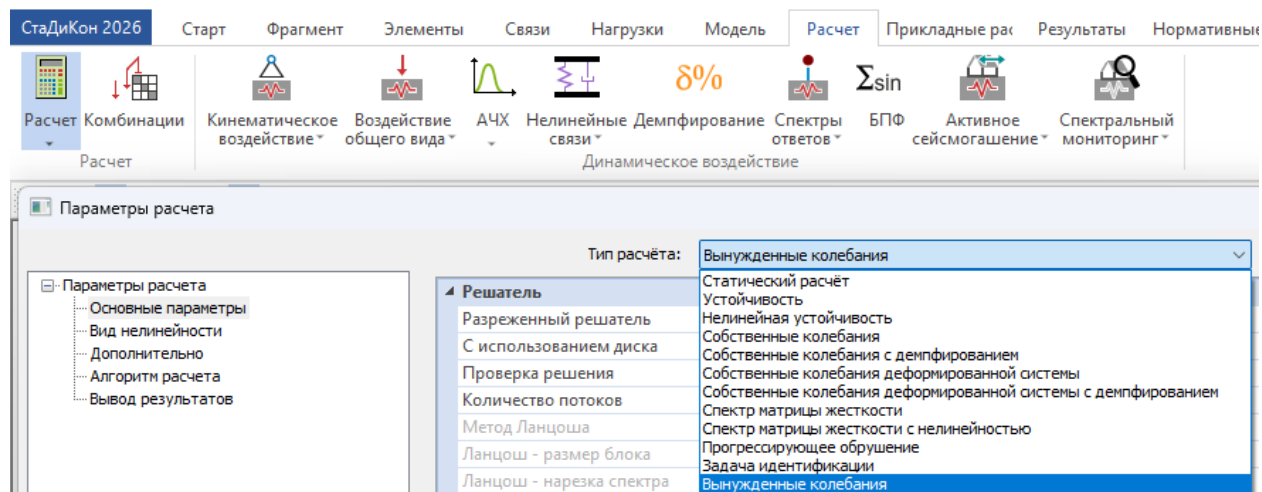
Выберем некоторые узлы и нажмем «Записать».



Ниже приведены номера узлов рассматриваемой схемы для дальнейшего понимания какому узлу будут соответствовать графики.

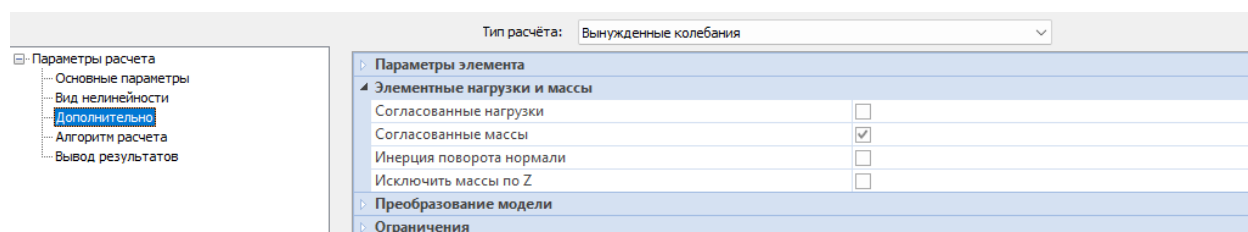
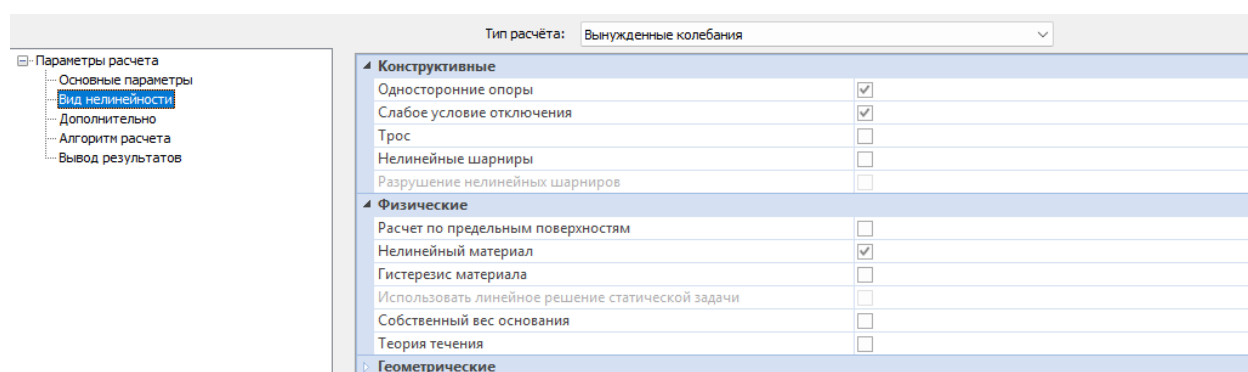
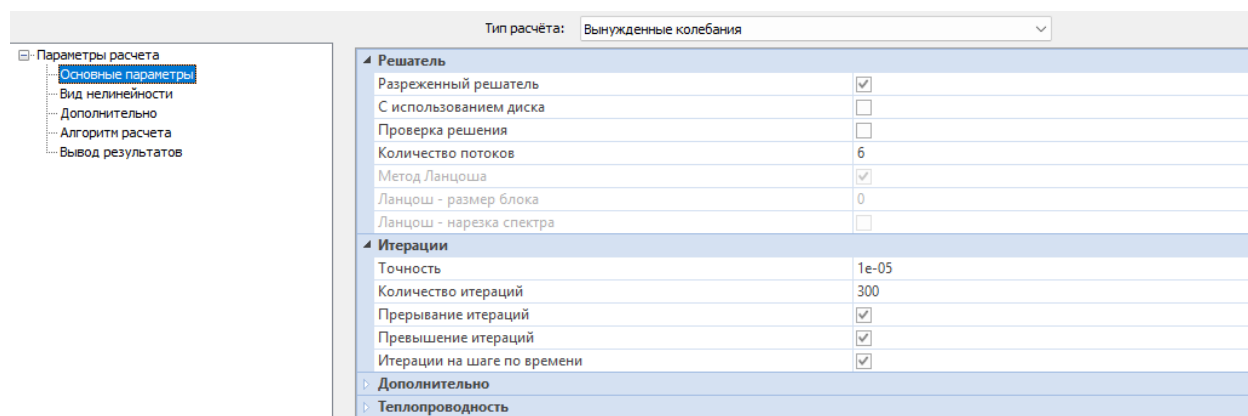


После переходим к параметрам расчета и выбираем тип – «*Вынужденные колебания*».



Устанавливаем следующие параметры расчета:

В основных параметрах включаем «*Итерации на шаг по времени*».



В выводе результатов устанавливаем «*Вывод зависимости перемещений и усилий от времени*». Также в «*Узлы для вывода перемещений*» должны появиться номера отмеченных ранее узлов. В Вашем случае они могут отличаться из-за создания геометрии в другом порядке.

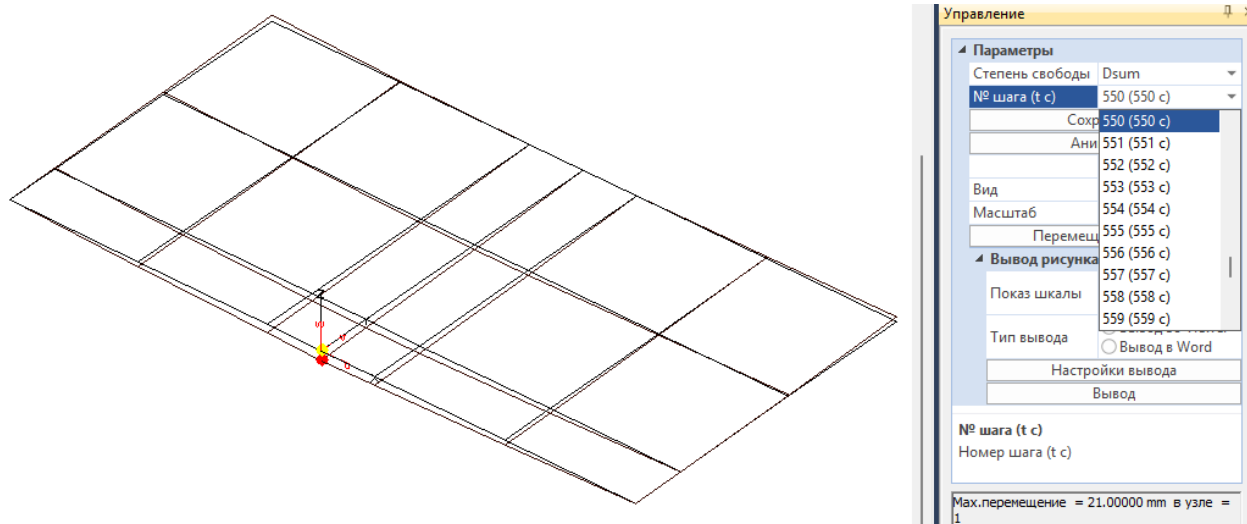
Тип расчёта: Вынужденные колебания

Вывод результатов	
Вывод напряжений	☒
Вывод невязок	☐
Вывод реакций	☐
Вывод усилий в стержнях	☐
Сохранение матриц масс, демпфирования и жесткости	☐
Вывод зависимости перемещений и усилий от времени	☒
Слоистое основание	
Вспомогательная модель	Не выводить
Напряжения в объемном основании	☐
Дополнительные результаты	
Вычисление упругой и геометрической энергии	☐
Оценка погрешности	Без оценки
Узлы для вывода перемещений	1,4,14,17,18,20,24,26,27,28

После установки параметров запускаем расчет.

После выполнения расчета переходим на «**Результаты**» - «**Перемещения**».

В пункте «*№ шага (t c)*» находятся все просчитанные шаги расчета.

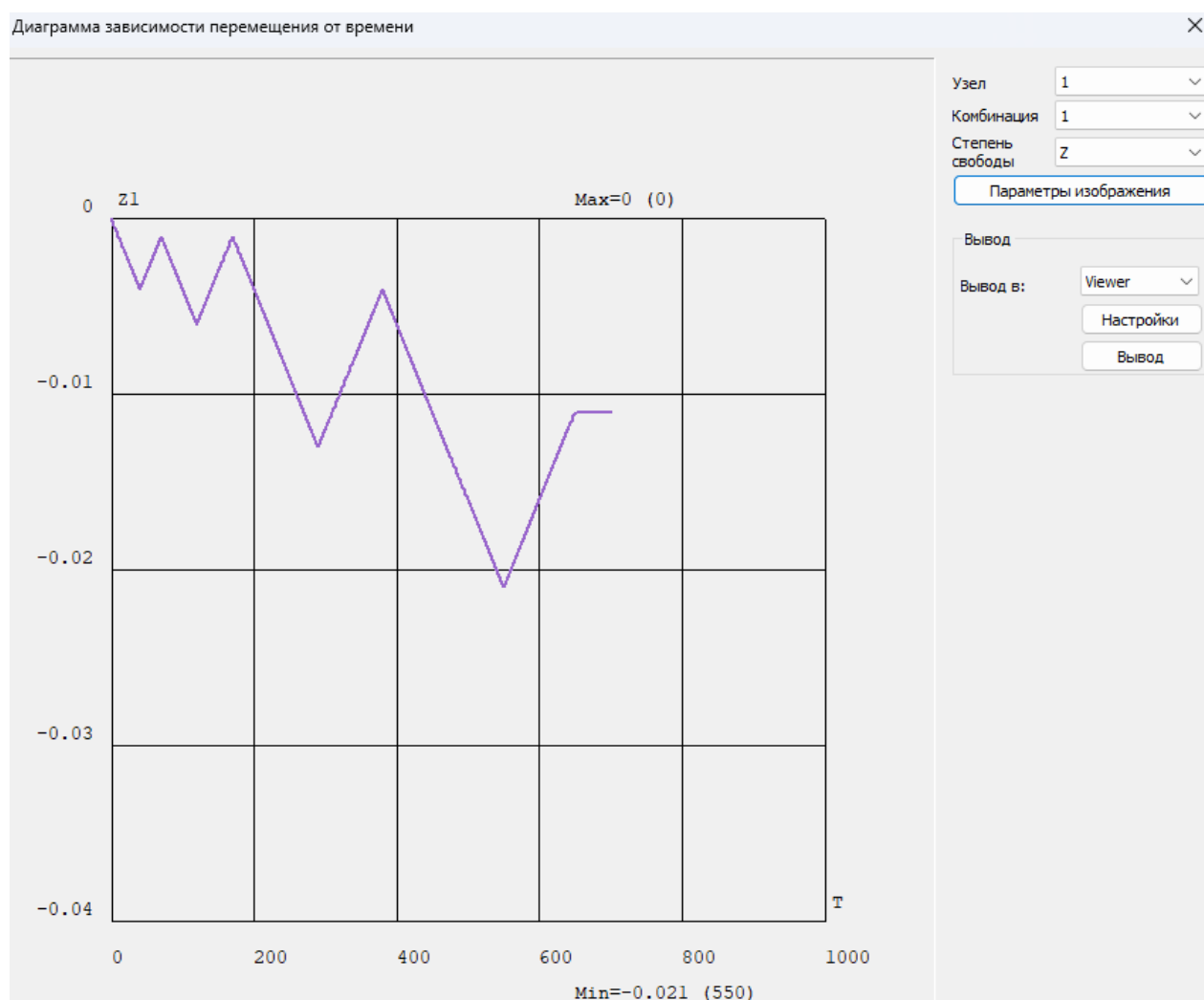


Теперь посмотрим на графики. Нажимаем «*Перемещение-время*».

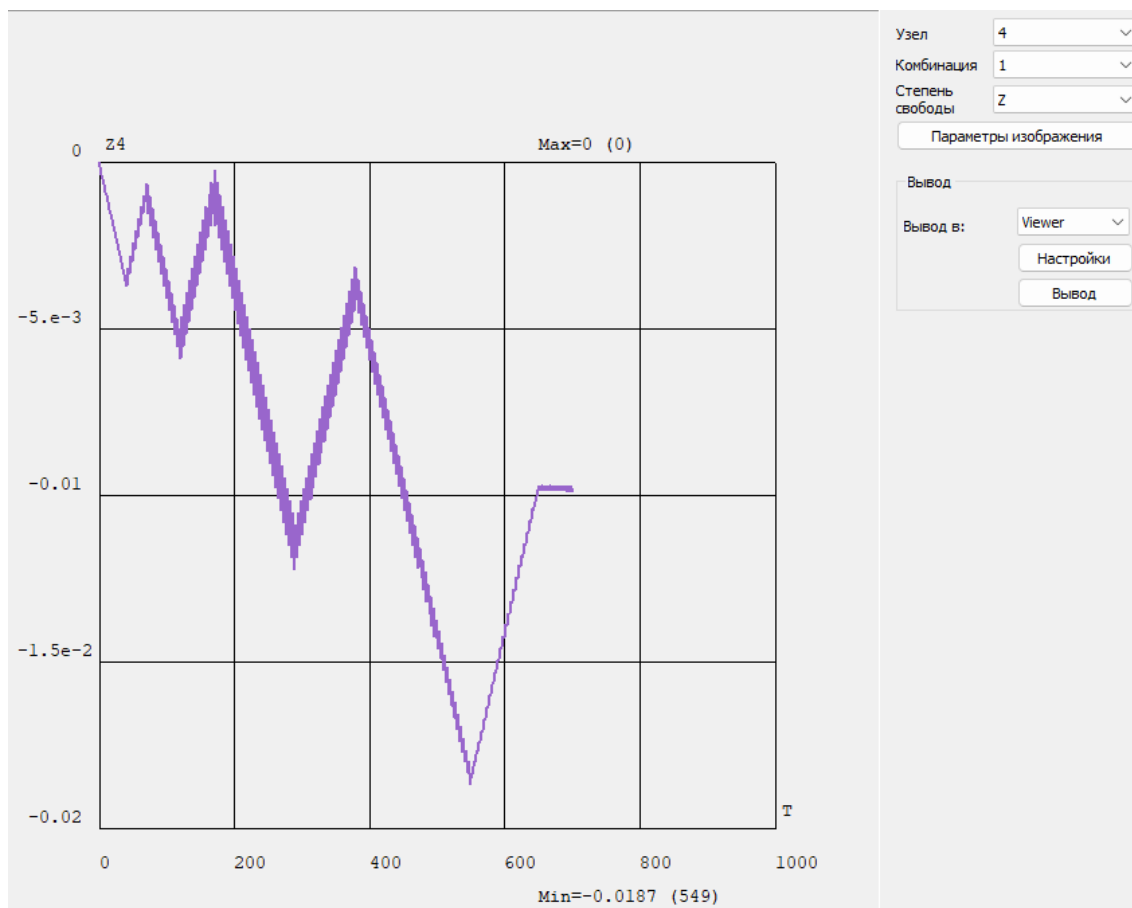
Управление

Параметры	
Степень свободы	Dsum
№ шага (t c)	550 (550 c)
Сохранение макс.	
Анимация	
Вид	Деформ.схема
Масштаб	1
Перемещение-время	
Вывод рисунка	
Показ шкалы	☒ Горизонтально ☐ Вертикально
Тип вывода	☒ Вывод во Viewer ☐ Вывод в Word
Настройки вывода	
Вывод	

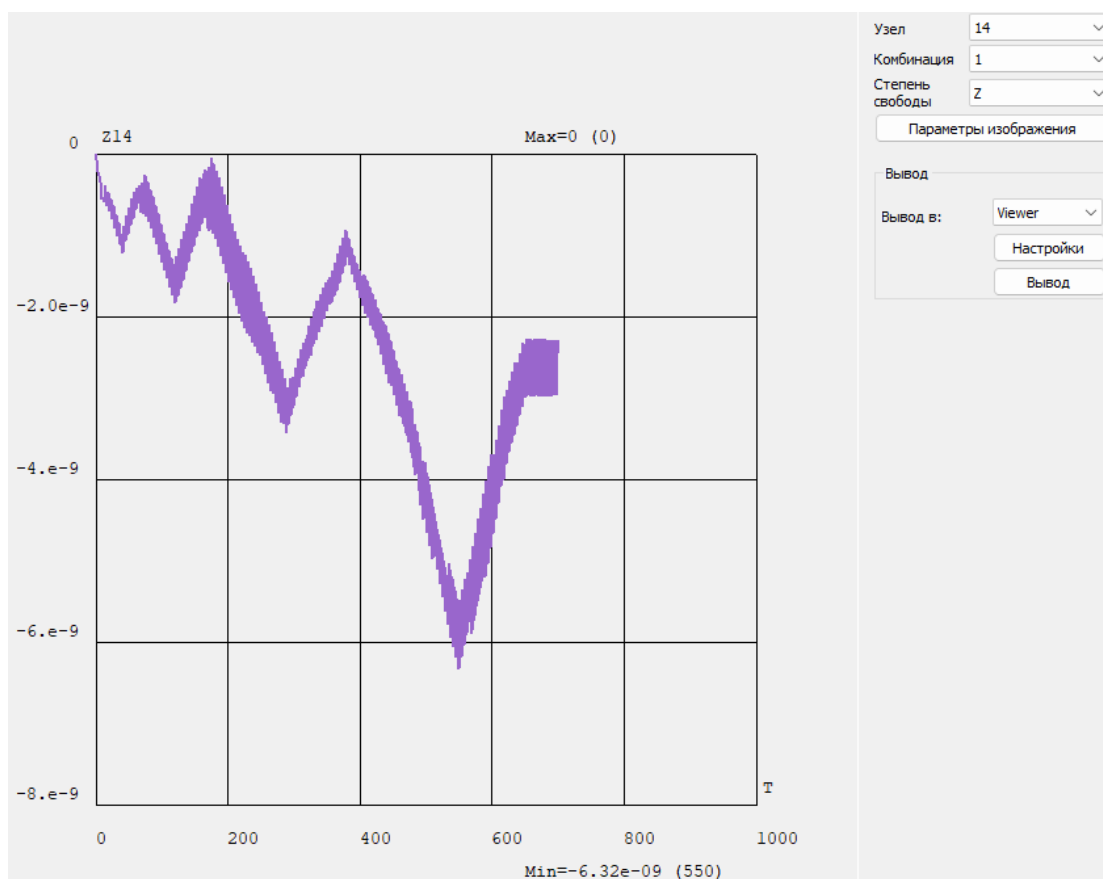
Выбираем степень свободы Z и получаем следующий график для центрального узла, что соответствует заданному циклическому перемещению.

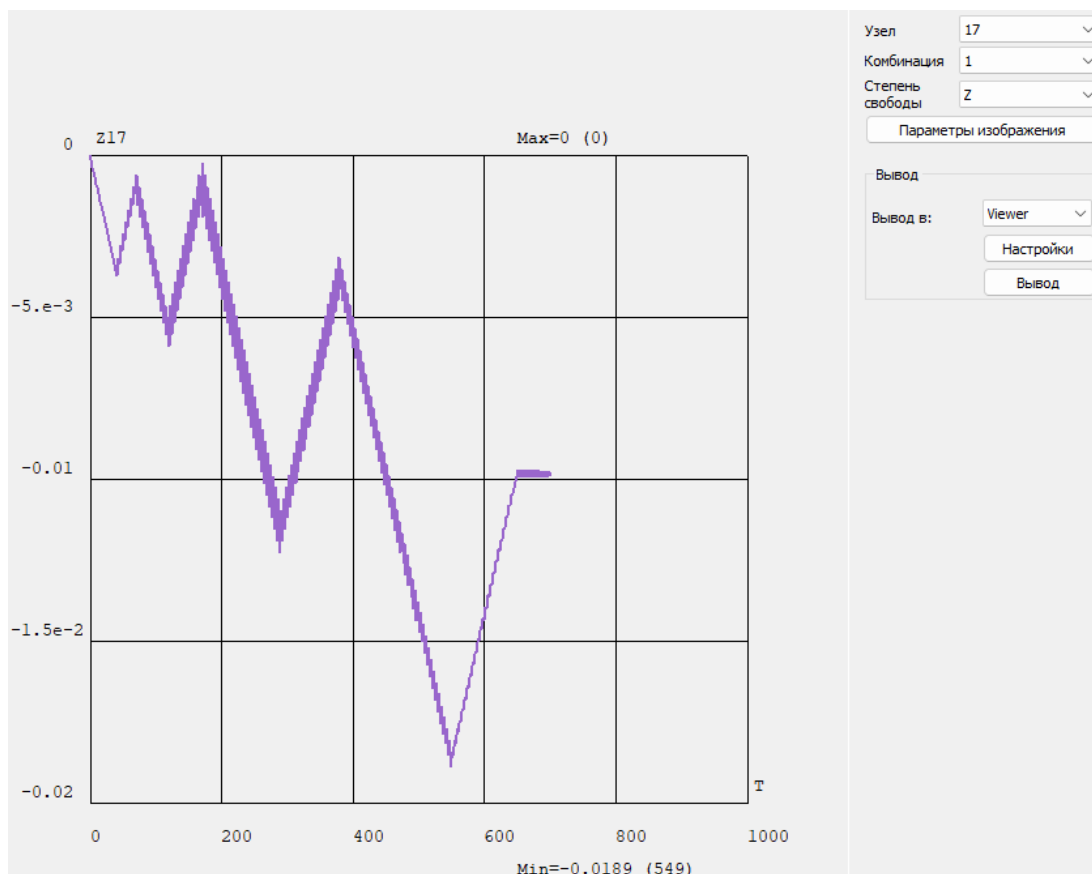


Ниже будут приведены графики для различных узлов.



Шероховатость графика для 14-го узла обуславливается малостью его перемещений ($-6.32e-09$).





Положительное перемещение 28-го узла обуславливается граничными условиями на сжатие, то есть плита при действии нагрузки может приподниматься по краям.

