

Знакомство с МКЭ подсистемой

СтадиКон (СДК)

Нелинейный расчет выпуклой пластины

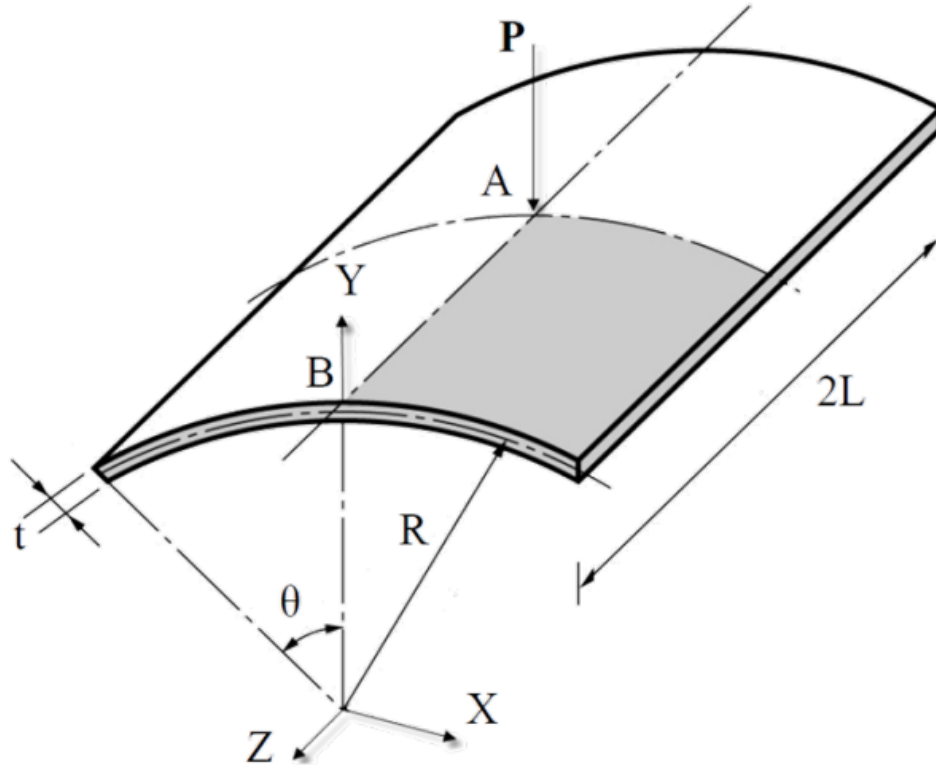


Содержание

Содержание	2
1. Описание задачи	3
2. Конечно-элементный FEA-проект	4
2.1. Геометрия	5
2.2. Материал	8
2.3. Установка связей	9
2.4. Нагружение	10
2.5. Нелинейный расчет	11
2.6. Нелинейный расчет инкрементно-итеративным методом	13

1. Описание задачи

В этом примере рассмотрим поведение шарнирно опертой пластины под воздействием точечной нагрузки. Из-за симметрии модели анализируем только четверть оболочки. В середине поверхности (точка A) прикладывается точечная нагрузка P.



Геометрические характеристики:

- длина $L = 0.254$ м
- радиус $R = 2.556$ м
- толщина $t = 0.00635$ м
- угол $\theta = 0.1$ рад

Свойства материала:

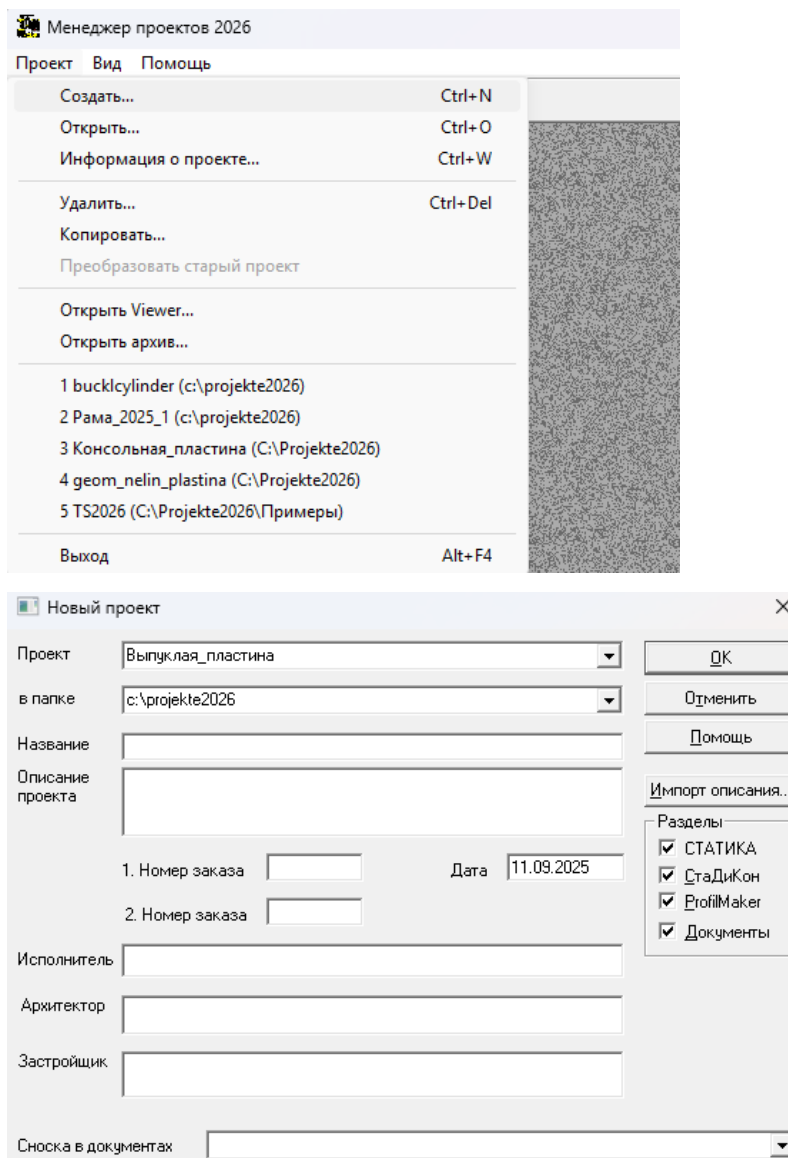
- модуль упругости $E = 3102750$ кН/м²
- коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$

Нагружение:

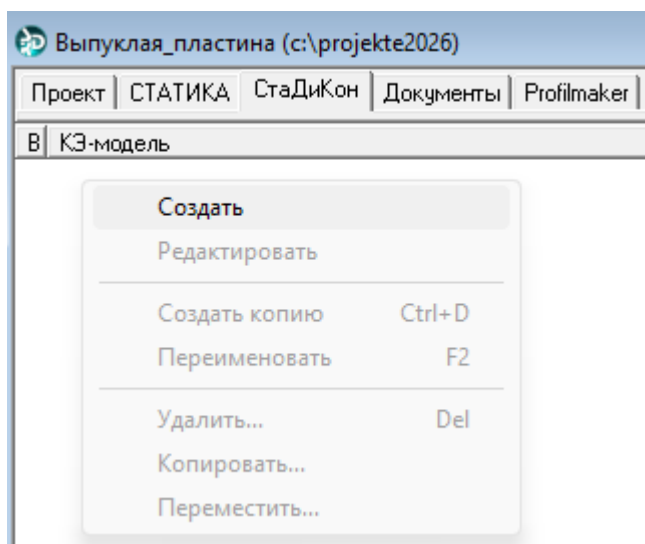
- значение нагрузки $P = 1$ кН

2. Конечно-элементный FEA-проект

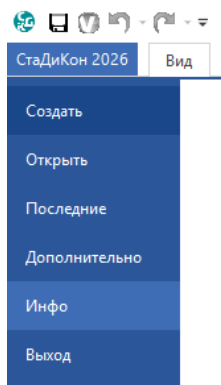
Создаем новый проект.



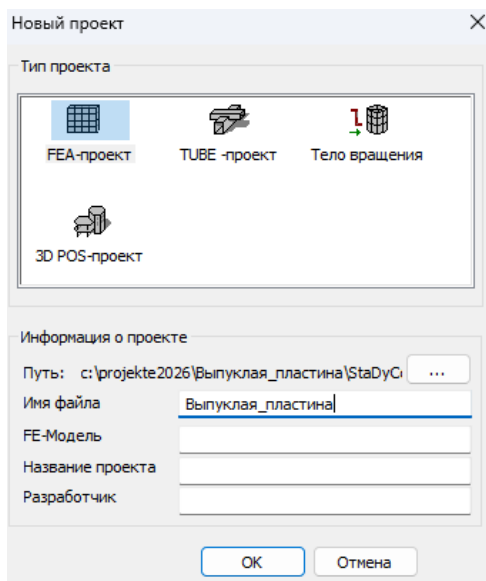
Во вкладке «СтаДиКон» нажимаем ПКМ в пустом окне и создаем новую КЭ модель.



Переходим в дерево проекта и выбираем «Создать».



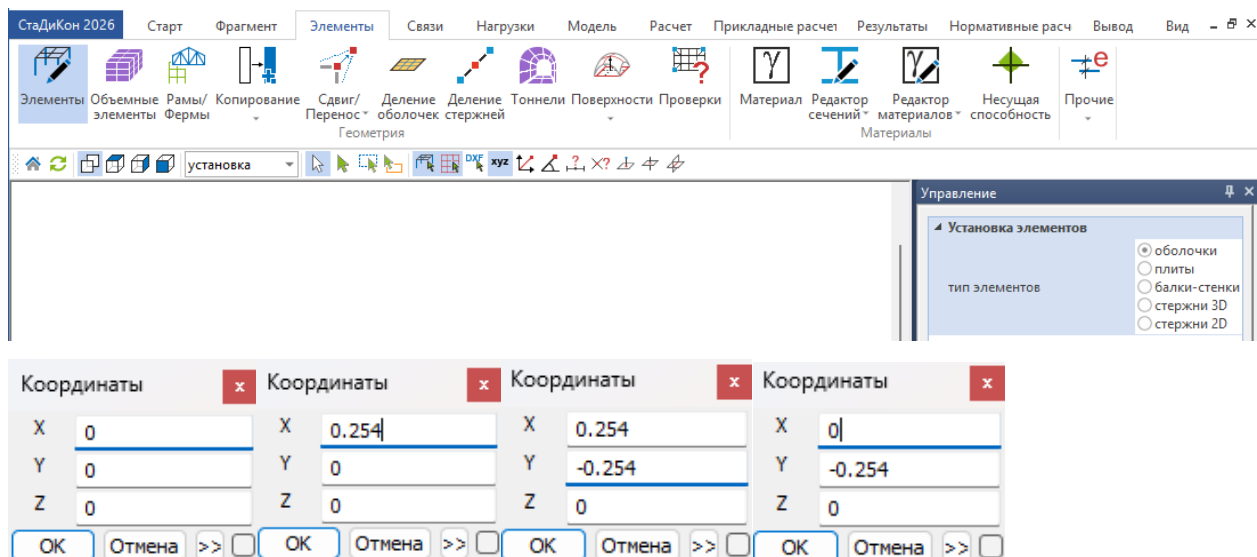
Выбираем тип проекта «FEA-проект».



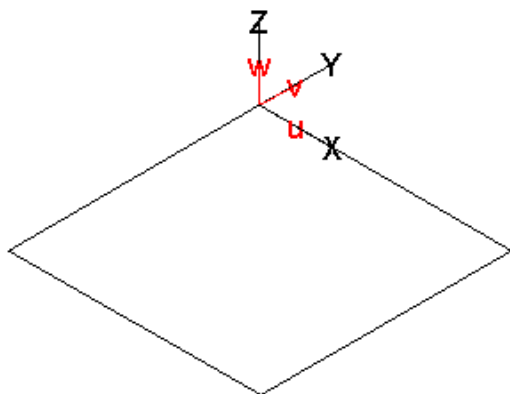
2.1. Геометрия

Создадим сначала плоскую пластину, а после ее изогнем.

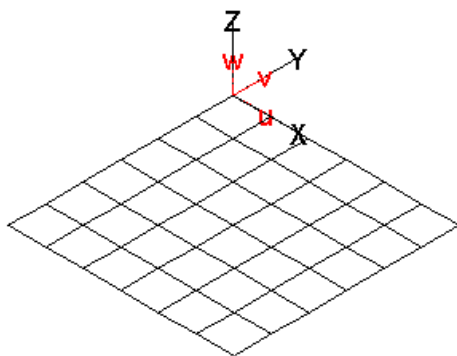
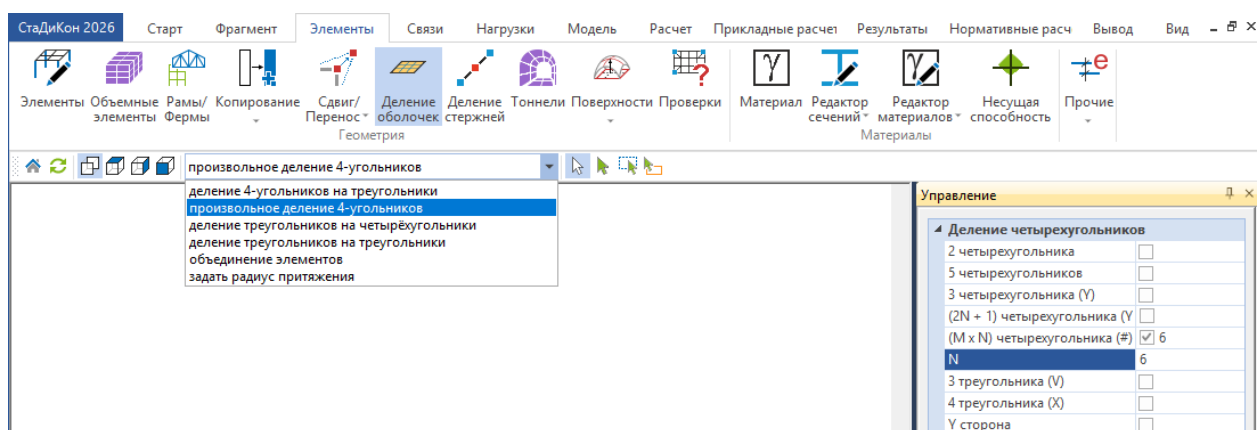
Переходим на вкладку «Элементы» и выбираем «Элементы», тип элементов – «оболочки». И задаем 4 точки для установки четверти оболочки.



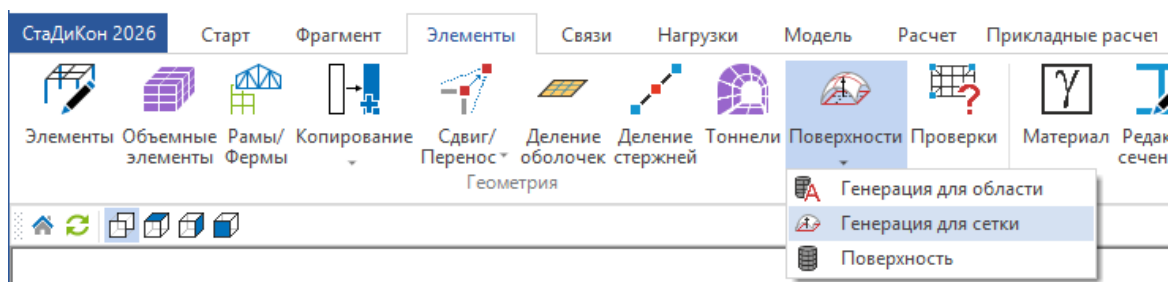
Получаем следующую пластину.



Переходим на окно «Деление оболочек», выбираем «произвольное деление 4-угольников» и выбираем «(M x N) четырехугольника (#)». Задаем необходимое число элементов (6 x 6), выбираем плиту нажатием на ЛКМ, и завершаем разбиение кликнув ПКМ.



Теперь по уравнению окружности изогнем данную пластину. Для этого выбираем «Поверхности» - «Генерация для сетки».



В открывшемся окне «Поверхность» записываем следующую функцию « $\sqrt{2.556*2.556-x*x}$ ». Оставим на всякий случай и изначальную пластину, поэтому выбираем «Добавление».

Поверхность

$u(x, y)$ 1

$v(x, y)$ 1

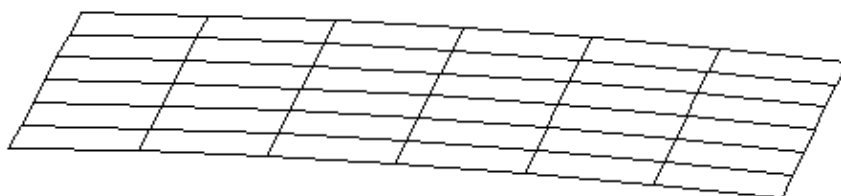
$z = f(u, v, x, y)$ $\sqrt{2.556*2.556-x*x}$

☐ Замена

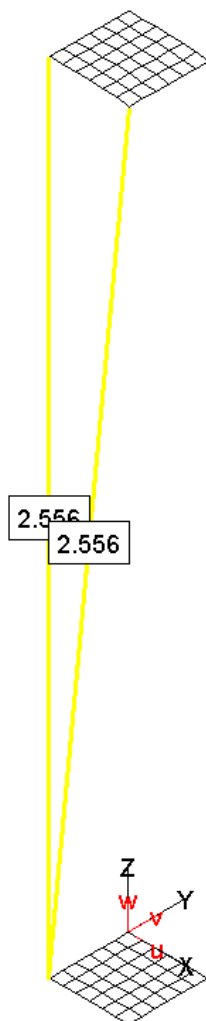
☒ Добавление

OK Отмена

Получаем изогнутую пластину сверху на требуемом радиусе.

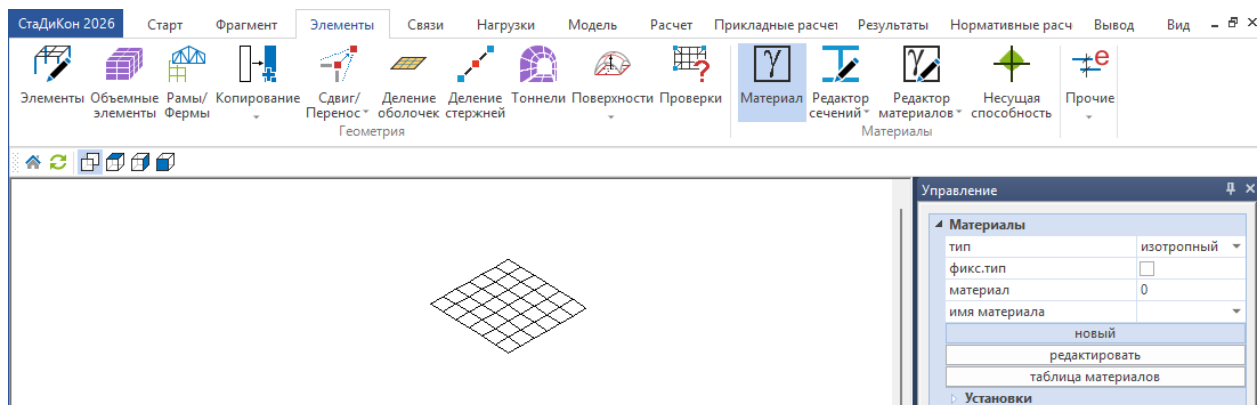


С помощью измерения расстояний можно убедиться в ее изогнутости.

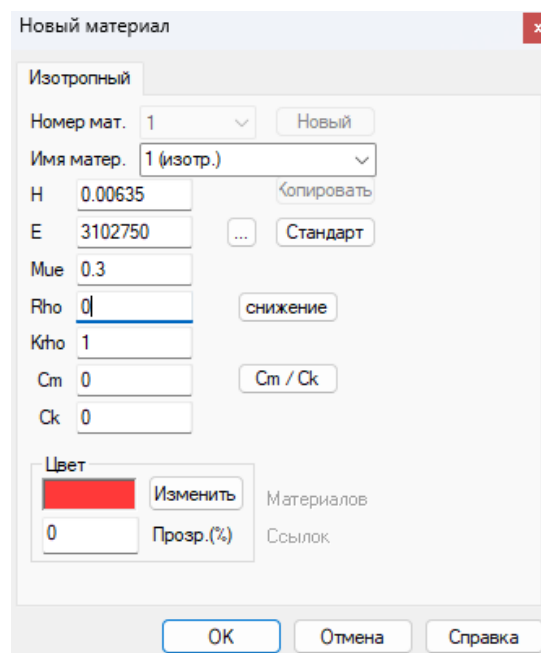


2.2. Материал

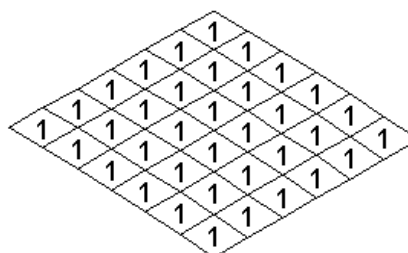
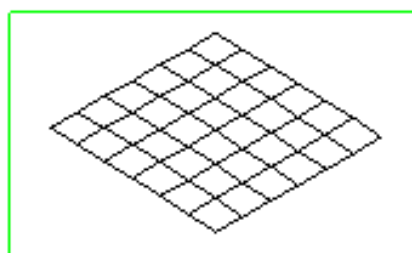
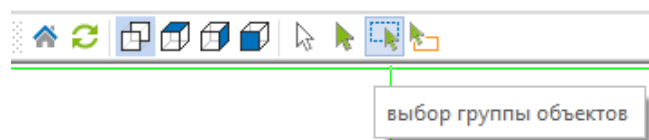
Зададим материал на изогнутую пластину, а нижнюю оставим без материала, чтобы она не влияла на расчет. На вкладке «**Элементы**» выбираем «**Материал**» и нажимаем на «**новый**».



Задаем параметры материала.

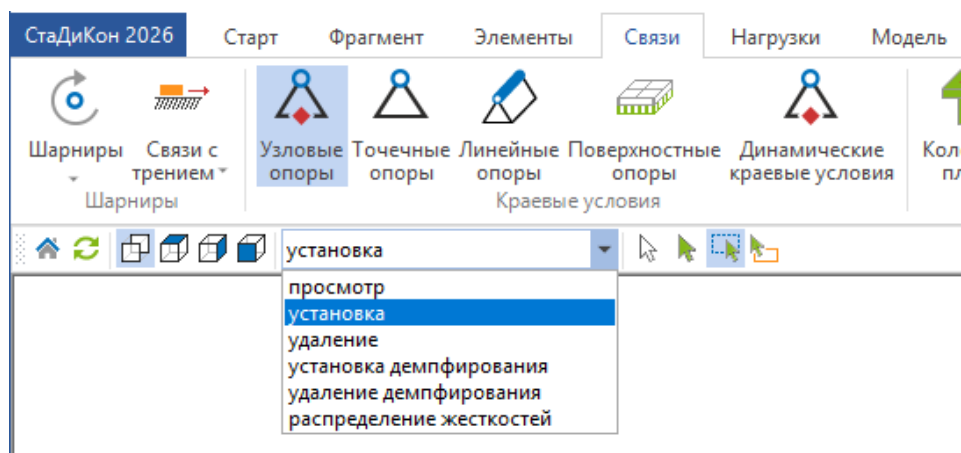


И с помощью выбора боксом устанавливаем материал на изогнутую пластину.

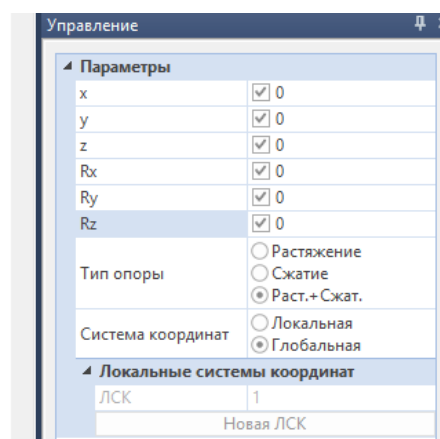
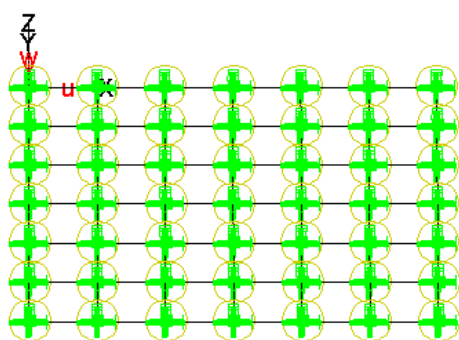


2.3. Установка связей

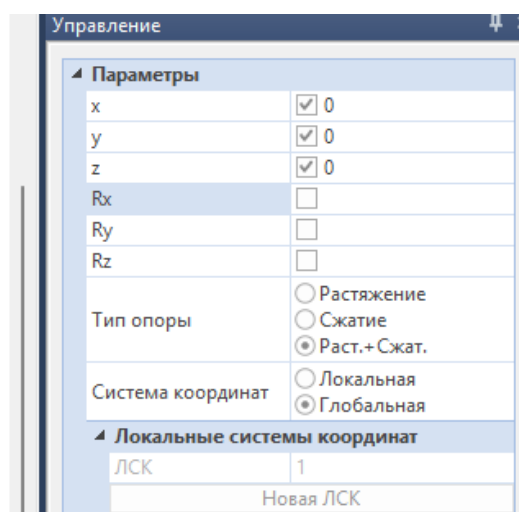
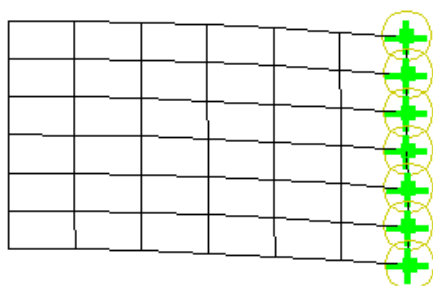
Перейдем к установке краевых условий. На вкладке «Связи» выбираем «Узловые опоры» - «установка».



На все узлы нижней плоской пластины назначим жесткую заделку, чтобы она не оказывала никакого влияния на расчет.

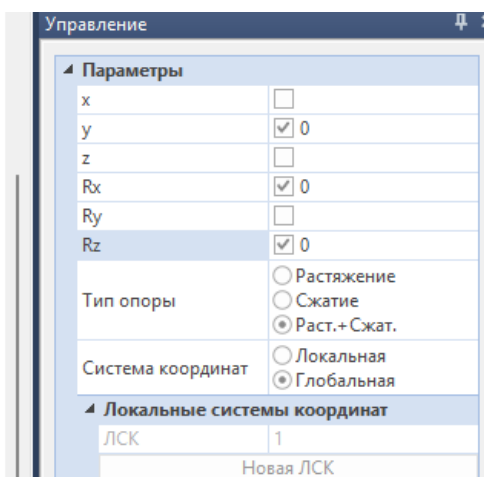
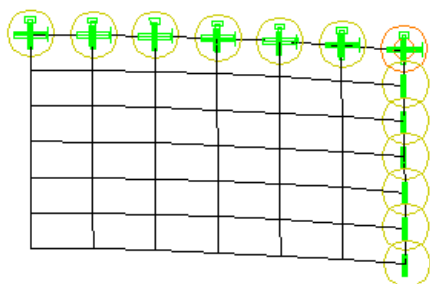


Теперь назначим шарирное опирание на грань изогнутой пластины при $X=L$.

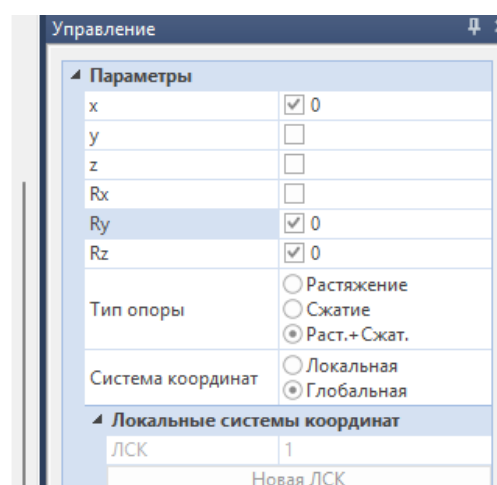
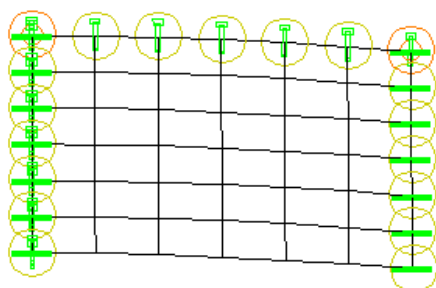


Так как мы моделируем только четверть пластины, то необходимо назначить граничные условия симметрии.

На грань при $Y=0$ устанавливаем следующие опоры:

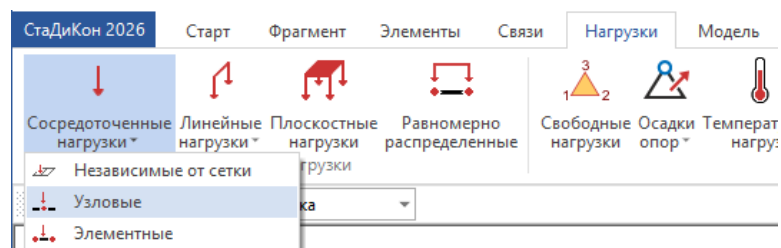


И на грань при $X=0$ добавляем следующие:

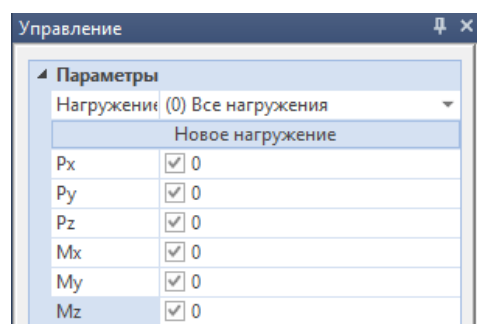


2.4. Нагружение

Переходим к назначению нагрузки. Вкладка «Нагрузки» - «Сосредоточенные нагрузки» - «Узловые».

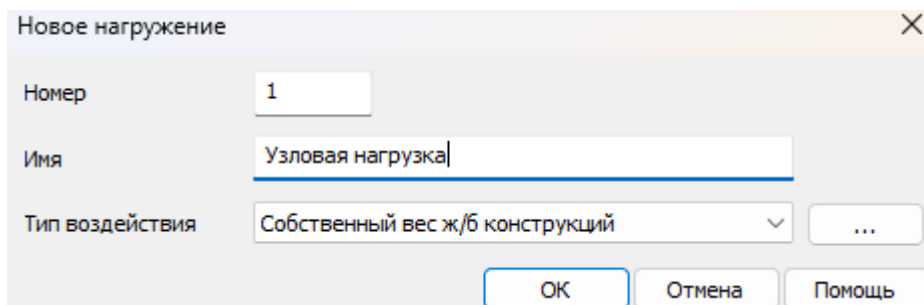


Выбираем «Новое нагружение».



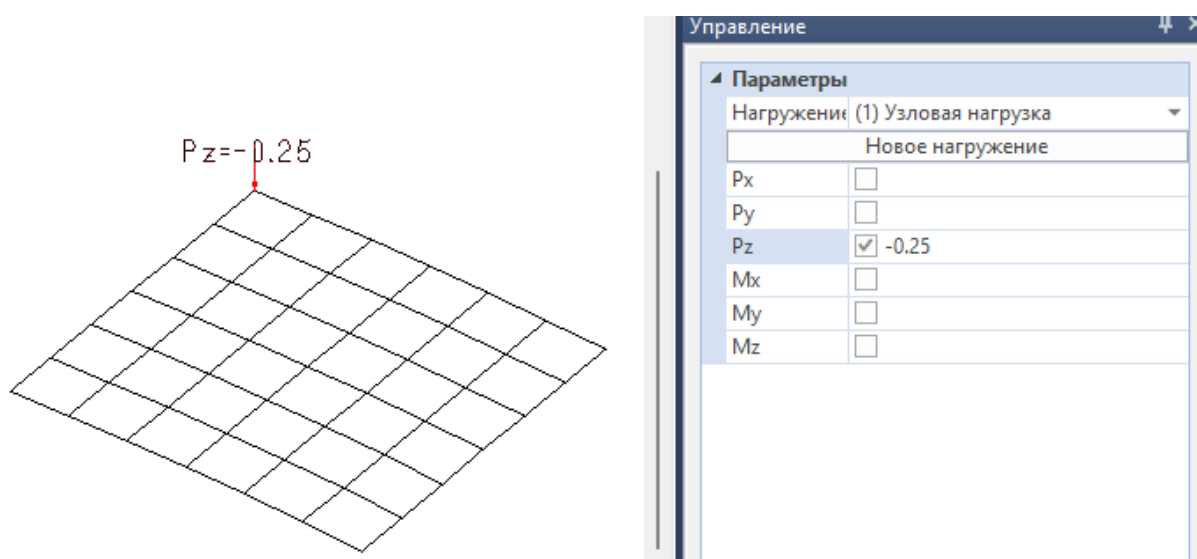
И создаем нагружение.

В первое нагружение автоматически добавляется собственный вес, но так как мы установили нулевую плотность материала, то можем не менять номер нагружения.



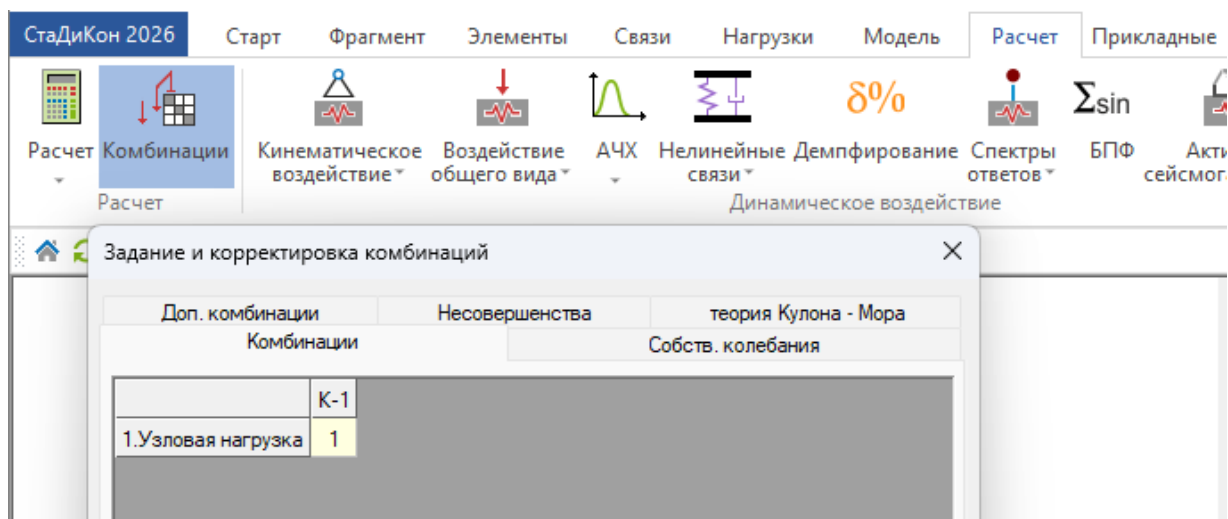
Так как мы задаем нагрузку на четверть пластины, то она будет равна 0.25 кН.

Задаем нагрузку P_z на узел с координатами X и Y равными нулю.

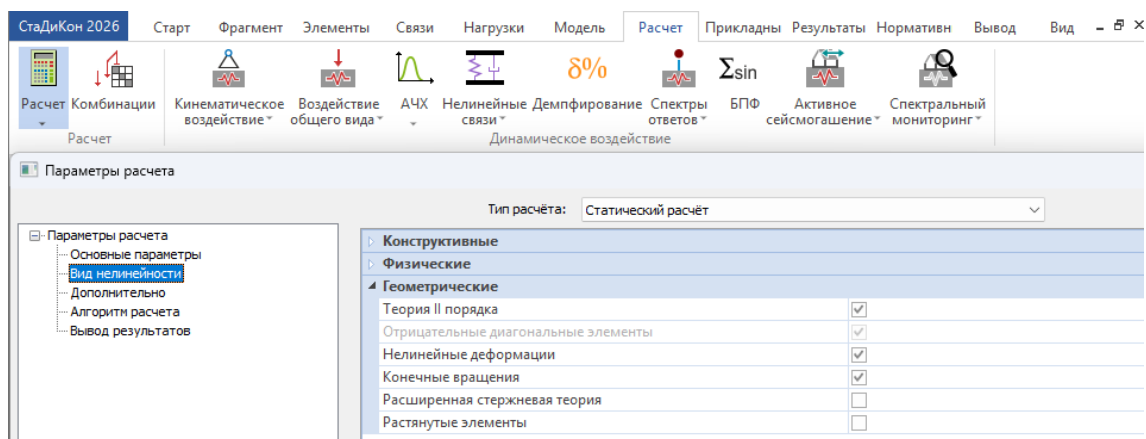


2.5. Нелинейный расчет

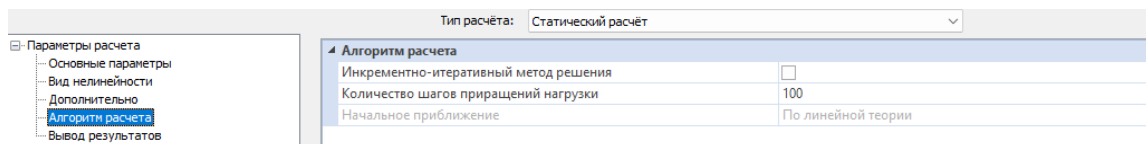
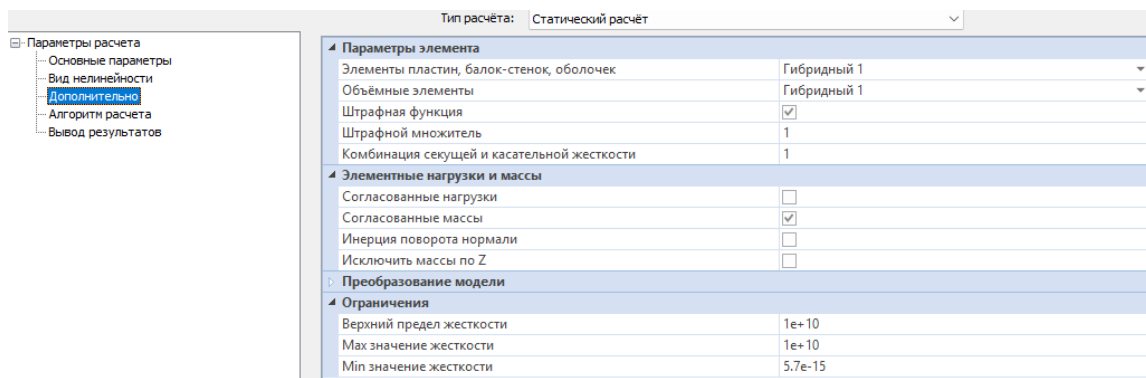
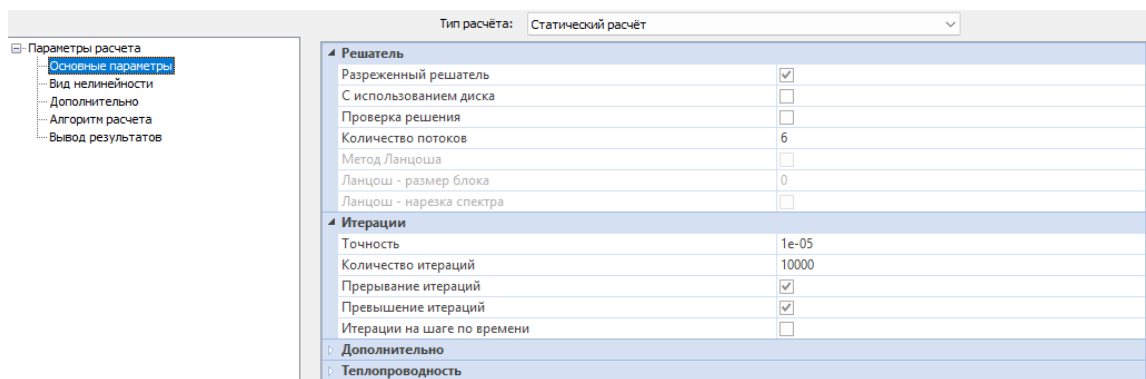
Переходим на вкладку «Расчет» и выбираем «Комбинации». Создаем следующую комбинацию.



Теперь выбираем «Расчет» и устанавливаем следующие параметры расчета. Свернутые параметры установлены по умолчанию.

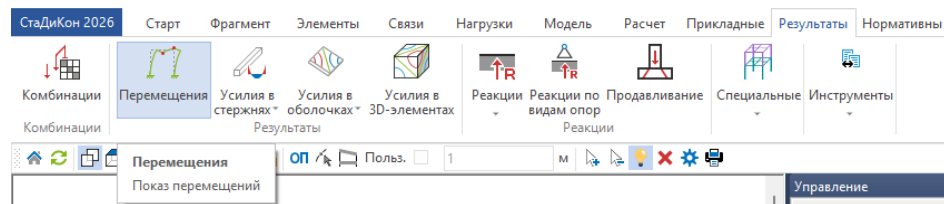


В пункте «Количество потоков» указывается число используемых в расчете ядер процессора для ускорения решения.

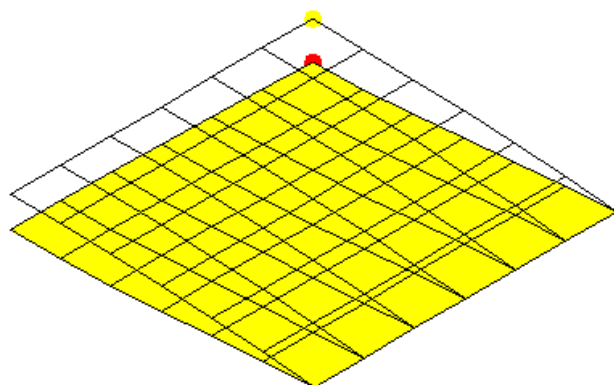


Запускаем расчет.

После расчета переходим на вкладку «Результаты» - «Перемещения».



Получаем следующий результат.



Управление

Параметры

Степень свободы	Dsum
№ комбинации	1
CNC-комбинации	
Вид	Закраска
Масштаб	1

Вывод рисунка

Показ шкалы	☒ Горизонтально ☐ Вертикально
Тип вывода	☒ Вывод во Viewer ☐ Вывод в Word

Настройки вывода

Вывод

Вид

Вид показа результатов

Max.перемещение = 31.04390 mm в узле = 50

2.6. Нелинейный расчет инкрементно-итеративным методом

На вкладке «Результаты» выбираем «Узлы для вывода» и выбираем узел приложения нагрузки. После выбора нажимаем «Записать».

Прикладные расчеты **Результаты** Нормативные расчеты Вывод Вид

Этапы возведения Нелинейный материал Прогрессирующее обрушение Импортированные результаты Теплопроводность Тип результатов Узлы для вывода

Невязки Экспорт результатов

Err Ошибки Локальные координаты

Специальные Инструменты

Управление

Выделение

Режим выбора	☒ Добавить ☐ Удалить
--------------	--

Записать

Возвращаемся к параметрам расчета и на вкладке «Алгоритм расчета» включаем «Инкрементно-итеративный метод решения». Устанавливаем для него следующие параметры.

Тип расчёта: Статический расчёт

Алгоритм расчета	
Инкрементно-итеративный метод решения	☒
Начальное значение параметра нагрузки	0.25
Стратегия итераций	Постоянной "длиной дуги"
Стратегия приращений	Через "длину дуги"
Стратегия изменения знака приращения	Оба предыдущих критерия
Желаемое количество итераций	30
Максимальное количество итераций	300
Максимальное количество шагов приращения нагрузки	100

На вкладке «Вывод результатов» в пункте «Узлы для вывода перемещений» должен появиться номер выбранного ранее узла.

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	50

Запускаем расчет.

После расчета переходим на результаты перемещений и нажимаем в окне «Управление» на «Перемещение-нагрузка».

Управление

Параметры	
Степень свободы	Dsum
№ комбинации	1
CNC-комбинации	
Вид	Деформ.схема
Масштаб	1
Перемещение-нагрузка	
Вывод рисунка	
Показ шкалы	☒ Горизонтально ☐ Вертикально
Тип вывода	☒ Вывод во Viewer ☐ Вывод в Word
Настройки вывода	
Вывод	

В открывшемся окне выбираем перемещения по оси Z и нажав на «*Параметры изображения*» устанавливаем настройки отображения графика.

Получаем следующий график перемещения от нагрузки.

