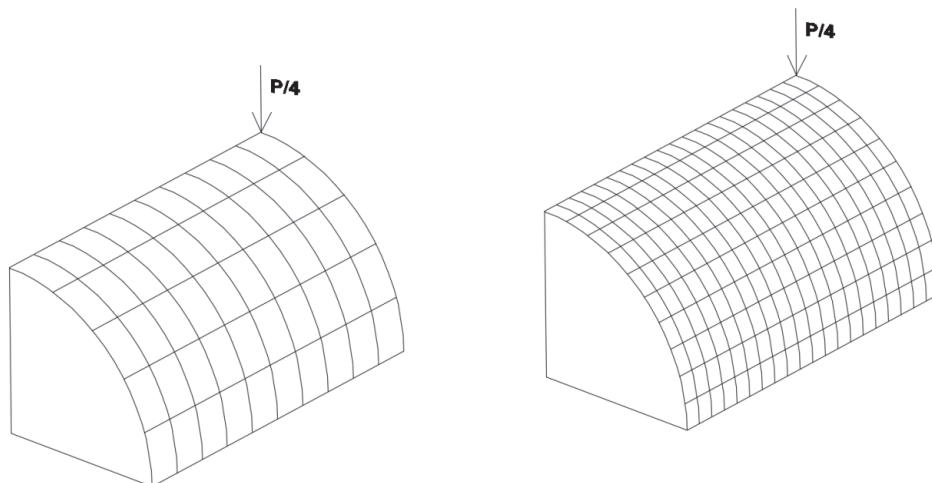


### Тест 8.9 Замкнутая круговая цилиндрическая оболочка под действием самоуравновешенной системы двух сосредоточенных сил (торцы свободны)

**Цель:** Проверить сходимость перемещений цилиндрической замкнутой оболочки при различных размерах сетки КЭ.

**Формулировка задачи:** Определить перемещения замкнутой цилиндрической оболочки в точке приложения нагрузки.

**Описание расчетной схемы:** Цилиндрическая замкнутая оболочка со свободными краями, нагруженная системой самоуравновешивающих сил.



**Аналитическое решение:** G. Horrigmoe et P.G. Bergan, “Non linear analysis of free from shells by flat finite elements”, Computer Mathematics in Applied Mechanics and Engineering, vol. 16, Amsterdam, North Holland, 1978.

**Геометрия:**

Длина:  $L=10.35$  м;  
Радиус:  $R=4.953$  м;  
Толщина:  $h=0.094$  м.

**Характеристика материала:**

Модуль упругости  $E = 10.5 \cdot 10^6$  Па;  
Коэффициент Пуассона  $\nu = 0.3125$ .

**Граничные условия:**

Свободные условия.

**Нагрузки:**

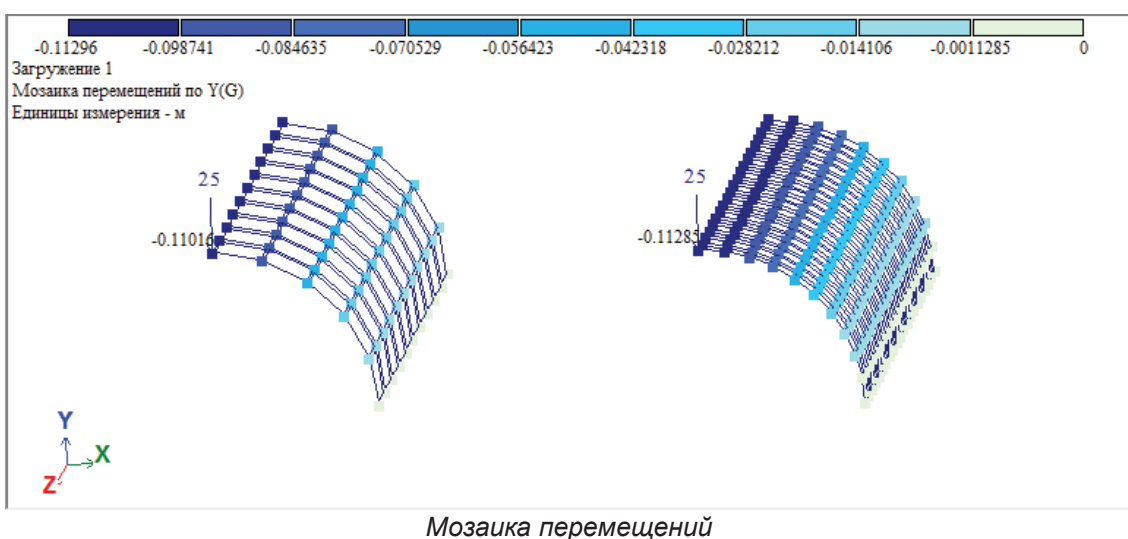
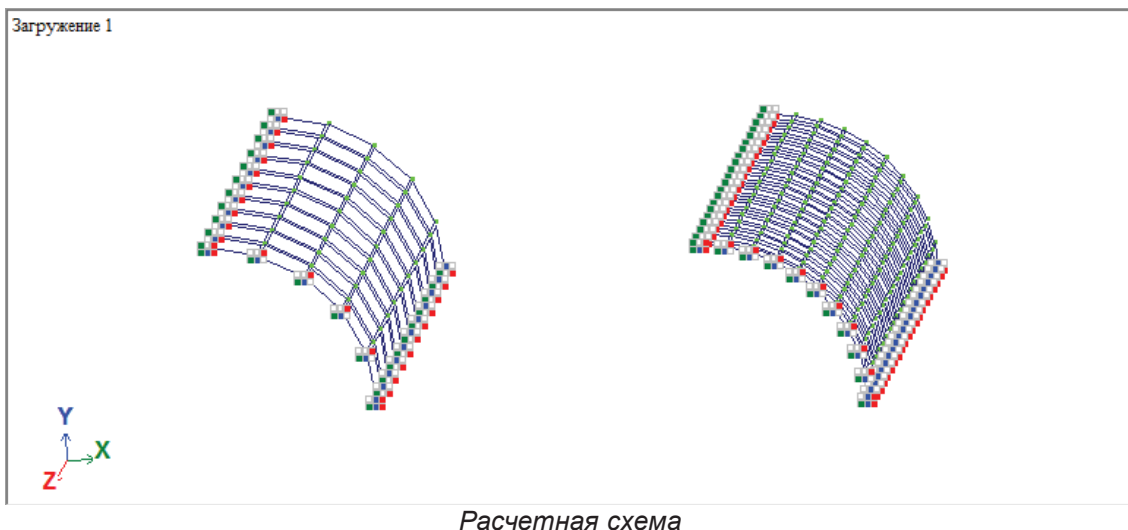
Сосредоточенные силы  $P=100$  Н.

**Примечание:**

Задача решается в пространственной постановке (признак схемы 5).  
В расчетной схеме рассмотрен фрагмент оболочки (1/8). Для учета отсеченной части были приложены связи симметрии.

Для построения схемы использованы КЭ 41 - универсальный прямоугольный КЭ оболочки.  
Рассматриваются расчетные схемы 5x10 и 10x20 для одной восьмой части оболочки.

## Результаты расчета:



## СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА:

**Численное решение:** сравнение с эталонным решением. В таблице приводятся значения перемещений в точке под силой ( $w$ ) для различных сеток. Там же приведены и нормированные значения вертикальных перемещений.  $w=w/w_{\text{эталон}}$ .

Точка	Искомая величина	Аналитическое решение	Результаты расчета (ЛИРА-САПР) 5x10	Результаты расчета (ЛИРА-САПР) 10x20
A	$V_a, M$ перемещения вдоль оси $y$	$-113.9 \cdot 10^{-3}$	$-110.16 \cdot 10^{-3}$ (3.2%)	$-112.85 \cdot 10^{-3}$ (0.9%)