

# Моделирование патрубка с усиливающей накладкой

В данной работе рассматриваются подходы моделирования в универсальной программной системе конечно-элементного анализа ANSYS распространенного элемента сосудов – патрубка с усиливающей накладкой (воротником).

Моделирование данных элементов сосуда с использованием твердотельных элементов (SOLID) является наиболее точным, но требует существенных временных затрат. Однако подобные элементы сосудов можно моделировать и с использованием оболочечных элементов (SHELL), при этом получая удовлетворительные результаты по точности и значительно сокращая временные затраты.

Для определения оптимального способа моделирования было проведено четыре машинных эксперимента с различными методами построения указанного выше элемента сосуда (табл. 1).

Табл. 1. Методы построения

Тип элемента	Значение аргумента для SECOFFSET*		Обозначение
	обечайка, патрубок, заглушка	накладка	
SHELL	MID	MID	shell_mid
SHELL	BOT	BOT	shell_bot
SHELL	MID	USER	shell_mu
SOLID	-	-	solid

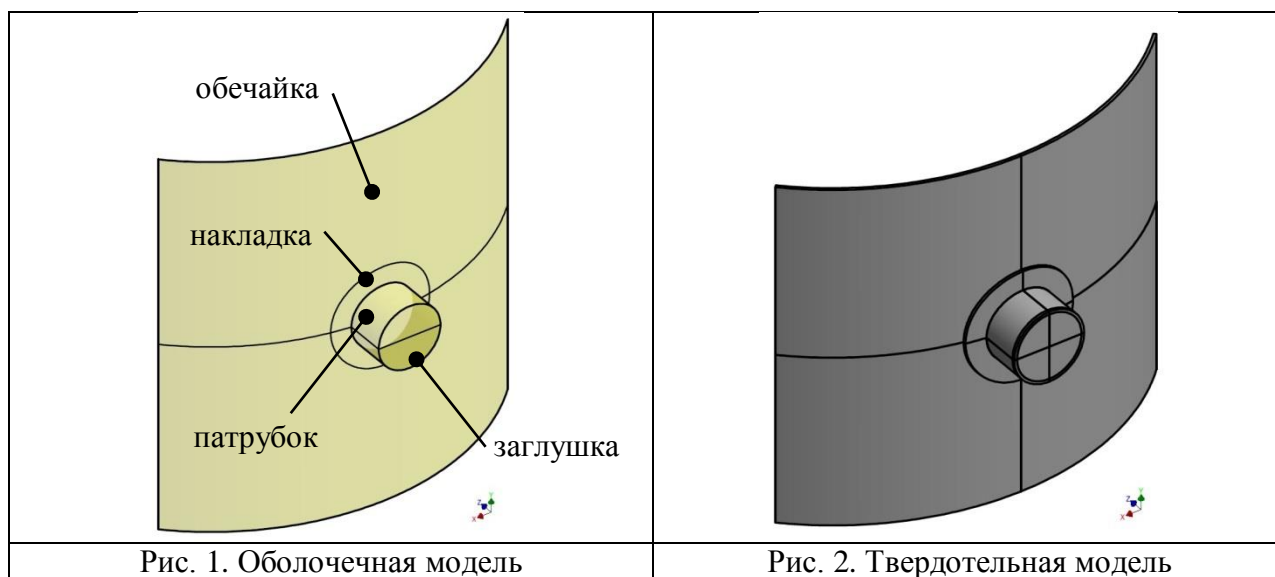
Моделируемый элемент сосуда имеет следующие геометрические размеры:

- внутренний диаметр обечайки  $D_{вн} = 3980$  мм;
- внутренний диаметр патрубка = 480 мм;
- диаметр усиливающей накладки = 800 мм;
- толщина обечайки, патрубка, заглушки и усиливающей накладки = 20 мм.

Результаты расчета моделей оценивались по двум параметрам:

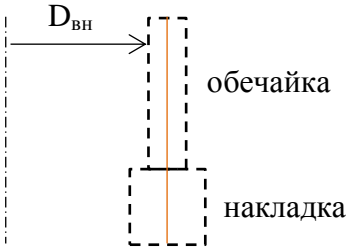
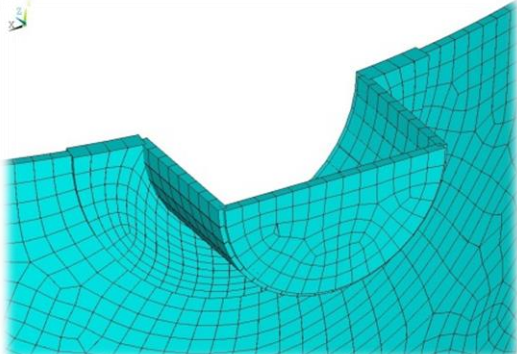
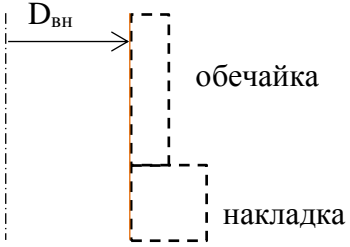
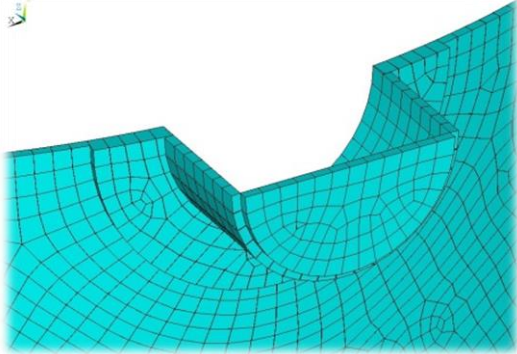
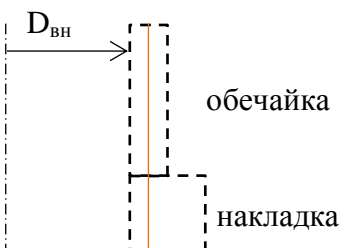
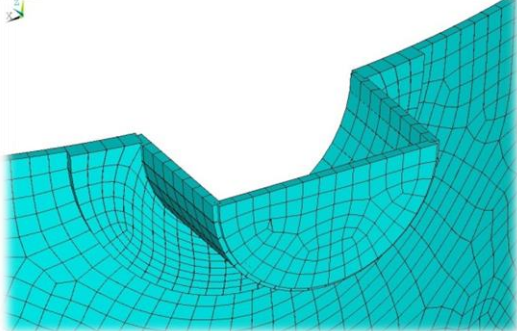
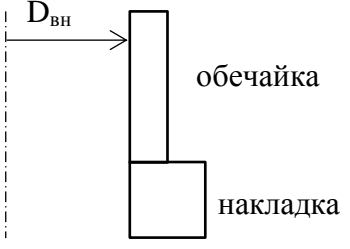
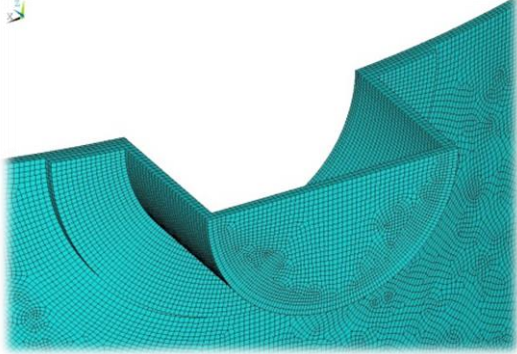
- UZ – перемещения по оси Z;
- SINT – эквивалентные напряжения по теории наибольших касательных напряжений (III теория прочности).

На рис. 1 и 2 представлены оболочечная и твердотельная модели с указанием основных частей.



В табл. 2 представлена схема и конечно-элементная сетка моделей.

Табл. 2. Модели

Название	Схема	Сетка
shell_mid	 <p><math>D_{вн}</math></p> <p>обечайка</p> <p>накладка</p>	
shell_bot	 <p><math>D_{вн}</math></p> <p>обечайка</p> <p>накладка</p>	
shell_mu	 <p><math>D_{вн}</math></p> <p>обечайка</p> <p>накладка</p>	
solid	 <p><math>D_{вн}</math></p> <p>обечайка</p> <p>накладка</p>	
<p>----- - осевая линия обечайки;          ———— - поверхность выдавливания shell элементов;          - - - - - shell элементы;          ———— - solid элементы</p>		

Результаты расчетов сведены в табл. 3 и 4\*\*.

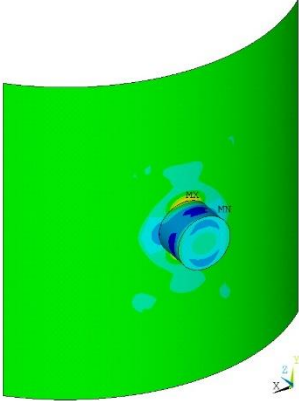
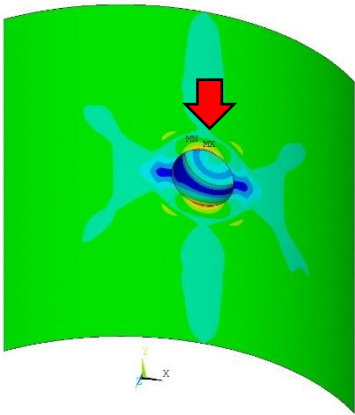
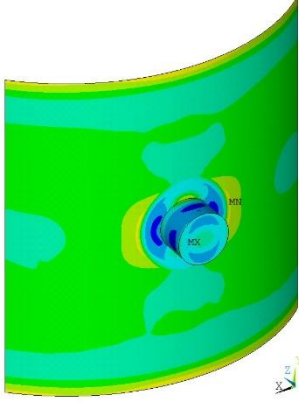
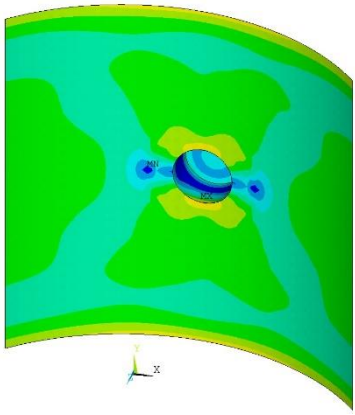
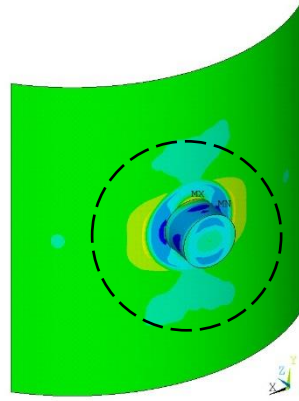
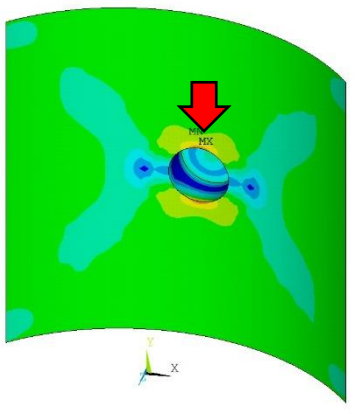
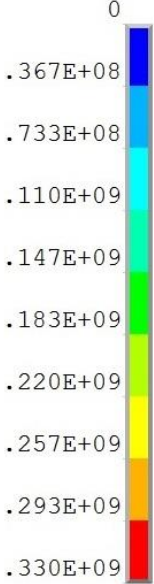
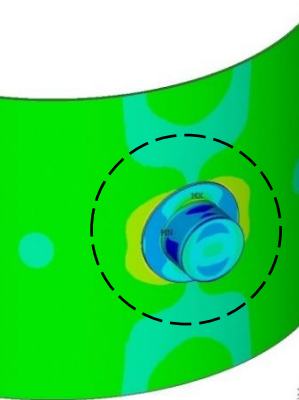
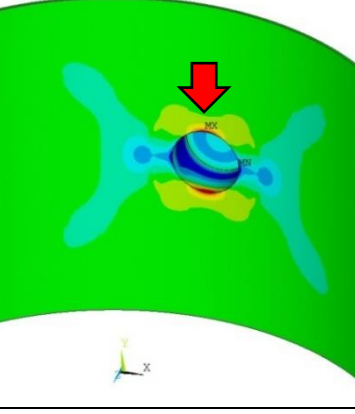
Табл. 3. Карта распределения UZ, [м]

Название	Масштабный коэффициент 300	Масштабный коэффициент 1	
shell_mid			
shell_bot			
shell_mu			
solid			

Табл. 4. Карта распределения SINT (масштабный коэффициент 1), [Па]

Название	Вид №1	Вид №2	Шкала
shell_mid			<p>.282E+07</p> <p>.370E+08</p> <p>.711E+08</p> <p>.105E+09</p> <p>.139E+09</p> <p>.174E+09</p> <p>.208E+09</p> <p>.242E+09</p> <p>.276E+09</p> <p>.310E+09</p>
shell_bot			<p>.698E+07</p> <p>.394E+08</p> <p>.718E+08</p> <p>.104E+09</p> <p>.137E+09</p> <p>.169E+09</p> <p>.201E+09</p> <p>.234E+09</p> <p>.266E+09</p> <p>.298E+09</p>
shell_mu			<p>.103E+08</p> <p>.420E+08</p> <p>.738E+08</p> <p>.106E+09</p> <p>.137E+09</p> <p>.169E+09</p> <p>.201E+09</p> <p>.233E+09</p> <p>.265E+09</p> <p>.296E+09</p>
solid			<p>.576E+07</p> <p>.418E+08</p> <p>.778E+08</p> <p>.114E+09</p> <p>.150E+09</p> <p>.186E+09</p> <p>.222E+09</p> <p>.258E+09</p> <p>.294E+09</p> <p>.330E+09</p>

Табл. 4. Карта распределения SINT (масштабный коэффициент 1), [Па] (продолжение)

Название	Вид №1	Вид №2	
shell_mid			
shell_bot			
shell_mu			
solid			

#### **Выводы:**

1. Перемещения в моделях `shell_bot` и `shell_mu` качественно и количественно похожи на `solid`, только отличаются зоны с максимальными перемещениями (обозначено  $\Rightarrow$ ).
2. Место с максимальными напряжениями (MX) у моделей `shell_mid` и `shell_mu` совпадает с `solid` (обозначено  $\downarrow$ ).
3. Напряжения в модели `shell_mu` качественно и количественно совпадают с `solid` (обозначено  $\hat{=}$ ).
4. Модель `shell_bot` имеет проблемы на границах закрепления (обозначено  $\ominus$ ).

#### **Заключение:**

1. При моделировании целого объекта необходимо использовать оболочечный элемент (SHELL) с `SECOFFSET,MID` для построения обечаек, патрубков, заглушек и с `SECOFFSET,USER` для построения накладок (модель `shell_mu`).
2. Для более точной оценки напряжений в зоне патрубка возможно дополнительно проводить субмоделирование.

*\*Примечание:*

*SECOFFSET – команда ANSYS.*

*\*\*Примечание:*

*При выводе результатов в оболочечных моделях (`shell_mid`, `shell_bot` и `shell_mu`) была использована команда `SHELL, TOP (SHELL, BOT)`.*