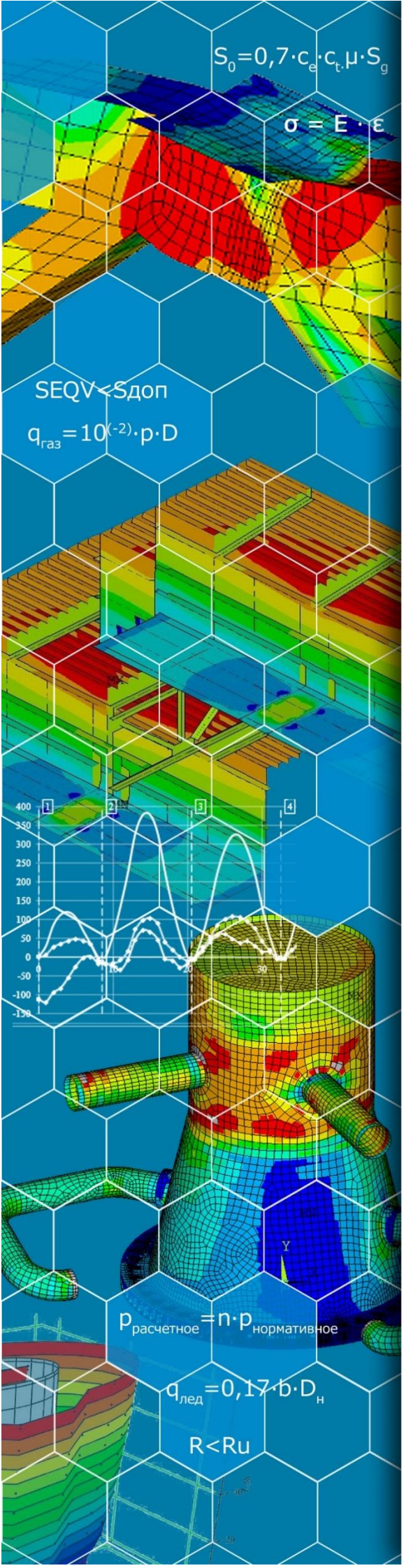


Моделирование обечайки с вмятиной различными способами

1. Аннотация

В данной работе проведено сравнение результатов расчета цилиндрической обечайки с вмятиной методом конечных элементов (МКЭ) двумя различными способами.

В первой модели (модель MI) вмятина создается на геометрической модели изначально, во второй модели (модель MII) – вдавливается приложением нагрузки перемещения.

2. Описание объекта

Объект представляет собой цилиндрическую обечайку с дефектом – вмятиной (далее объект).

Основные характеристики объекта приведены в табл.2.1.

Табл.2.1. Основные характеристики объекта

Параметр	Значение
Расчетное давление, [МПа]	4
Длина, [мм]	1000
Внутренний диаметр, [мм]	400
Толщина стенки, [мм]	3

Геометрические размеры вмятины приведены на рис.2.1.

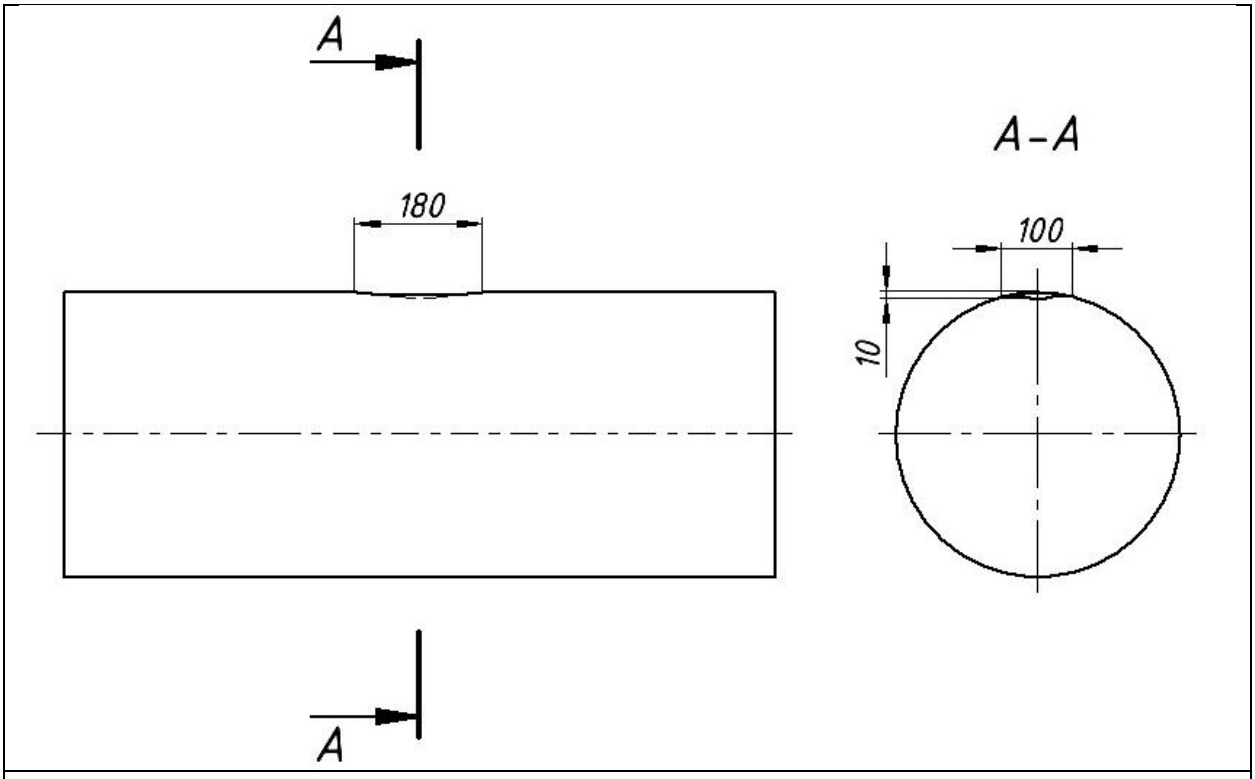


Рис.2.1. Геометрические размеры вмятины

3. Моделирование

В системе трехмерного твердотельного и поверхностного проектирования Autodesk Inventor были созданы две геометрические модели объекта.

Общий вид объекта представлен на рис.3.1.

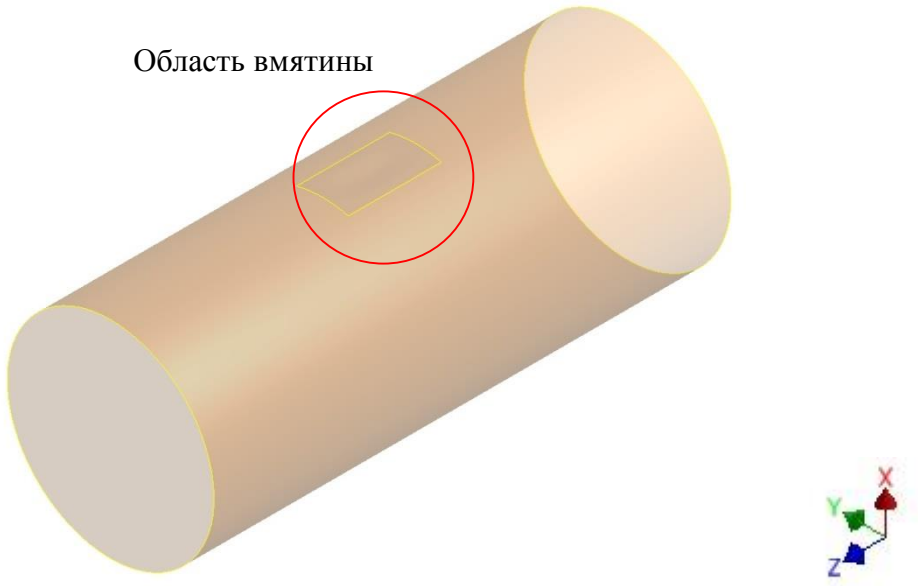


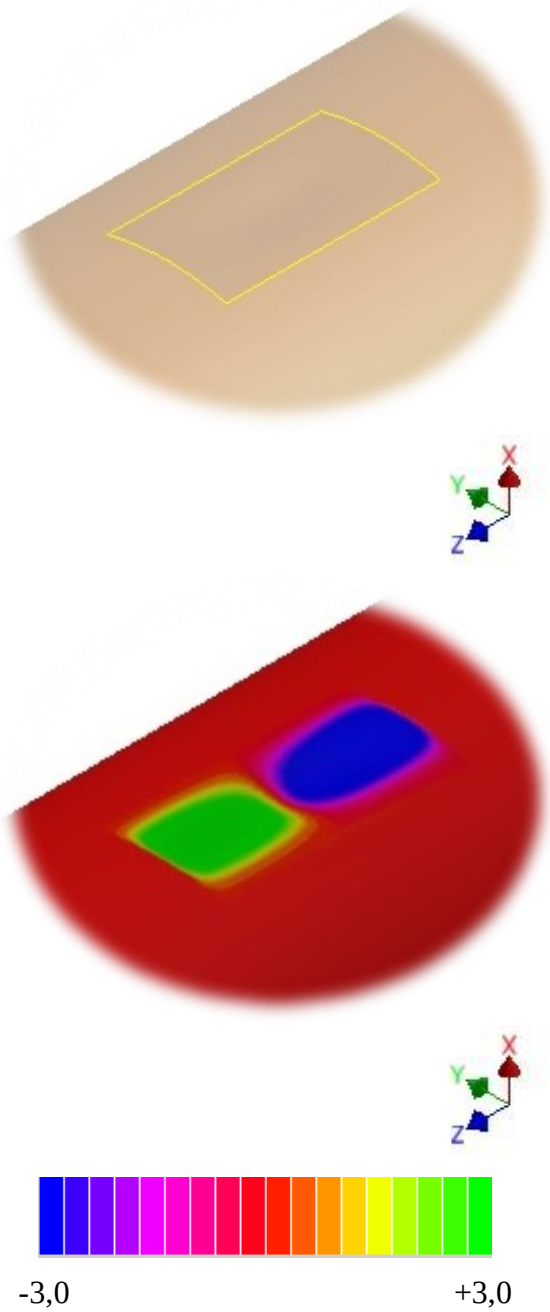
Рис.3.1. Общий вид объекта

Описание двух геометрических моделей приведено в табл.3.1.

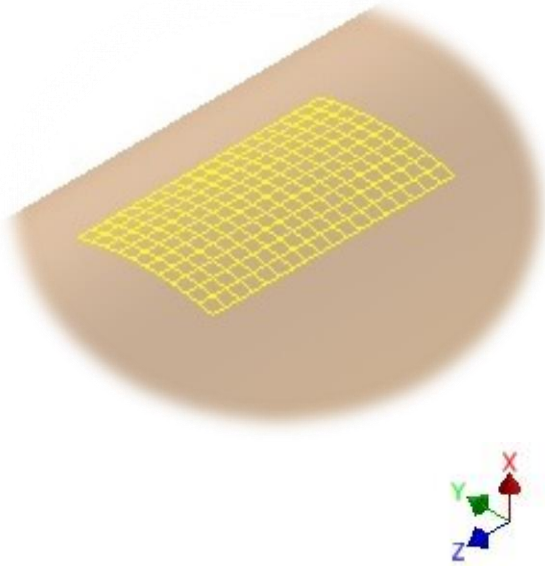
Табл.3.1. Геометрические модели

Модель	Описание
MI	Геометрия вмятины смоделирована изначально.
MII	Геометрия вмятины не смоделирована. Место, где впоследствии будут заданы нагрузки перемещения, разбито на сетку поверхностей.

Геометрические модели представлены на рис.3.2.



а) MI
и карта уклона поверхности вмятины, [град]



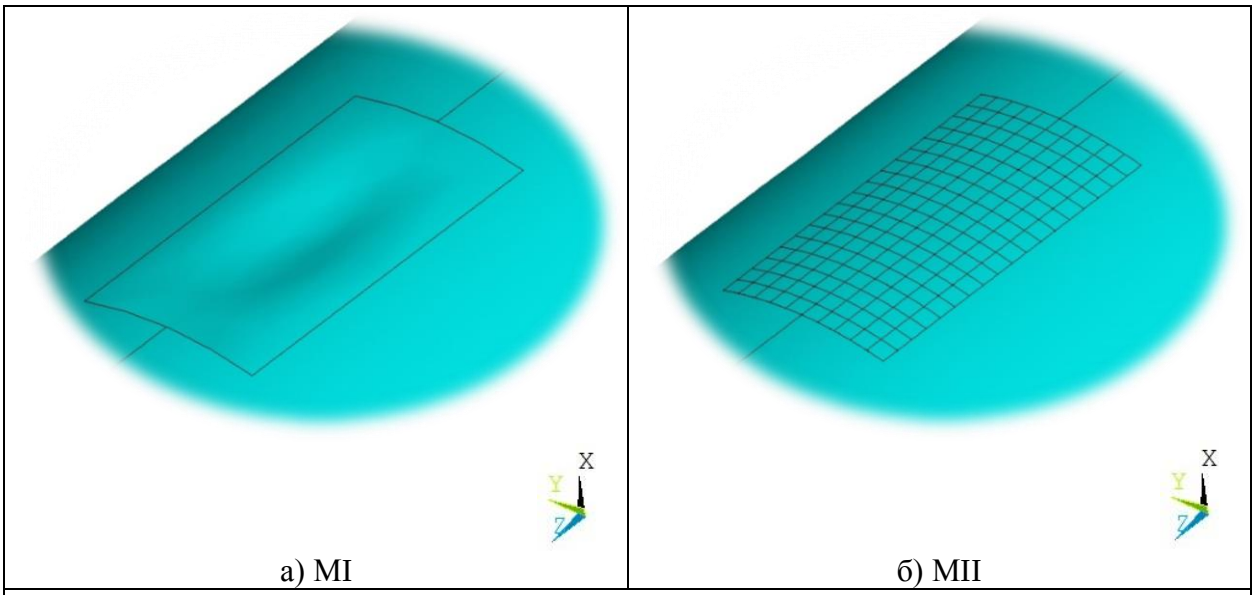
-

б) MII

Рис.3.2. Геометрические модели

Переход к континуальным моделям был осуществлен импортированием геометрических моделей в универсальную программную систему конечно-элементного анализа ANSYS.

Континуальные модели представлены на рис.3.3.



а) MI б) MII

Рис.3.3. Континуальные модели

Зависимость прочностных свойств для объекта была использована в виде диаграммы состояния «напряжение-деформация», которая представлена на рис.3.4.

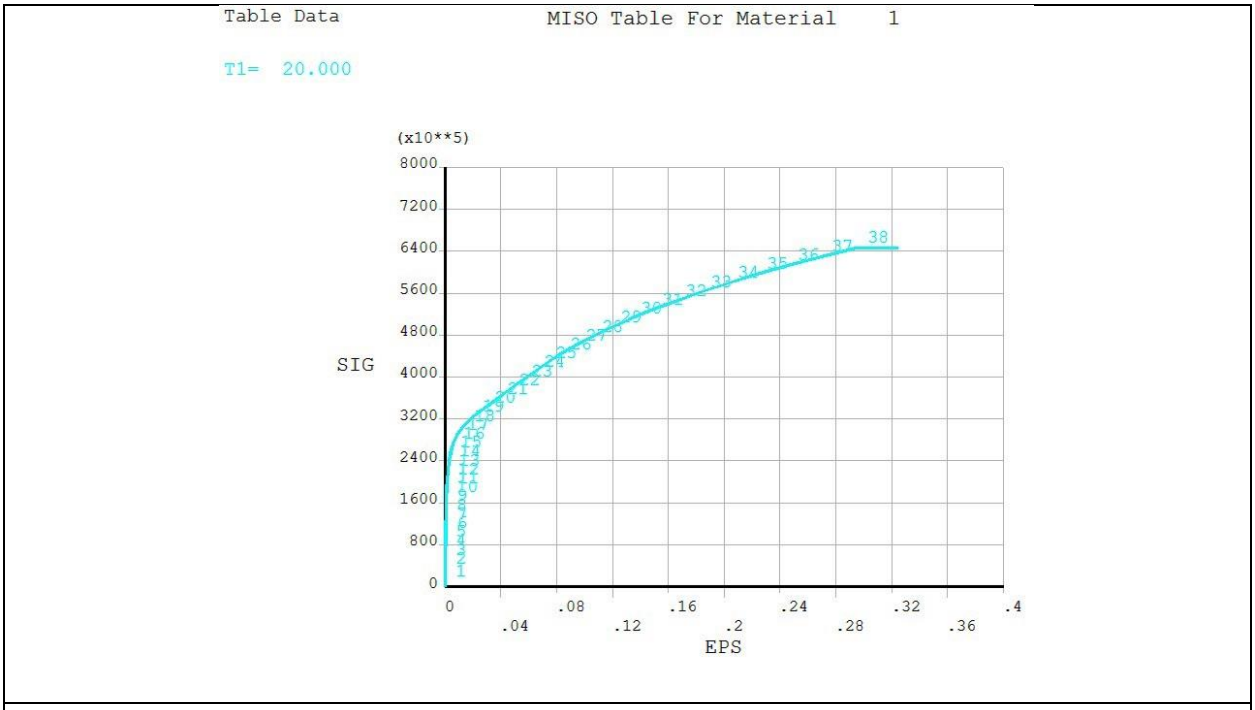
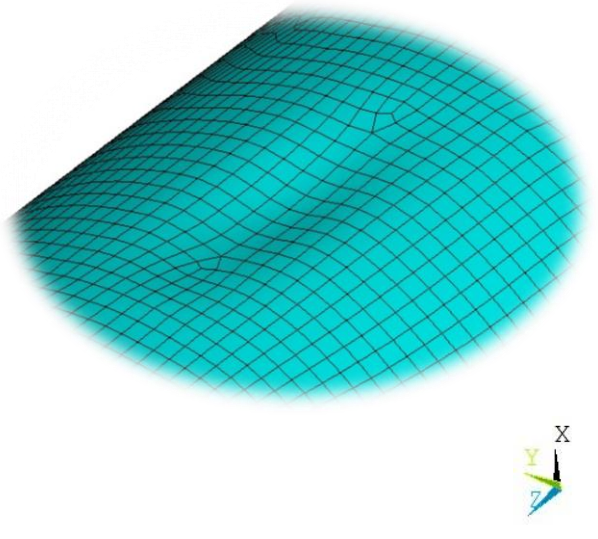


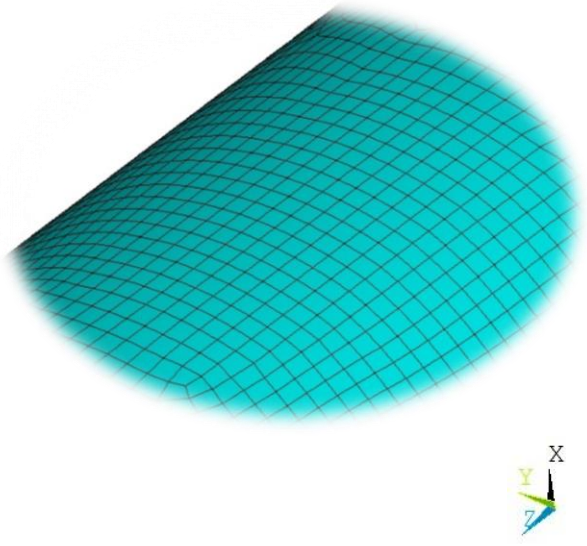
Рис.3.4. График зависимости напряжения от деформации

Переход от континуальных моделей к дискретным расчетным схемам был осуществлен разбиением моделей на конечно-элементную сетку с использованием SHELL181.

Конечно-элементные модели объекта представлены на рис.3.5.



а) MI

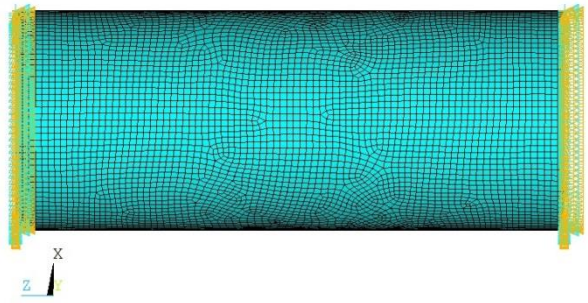


б) MII

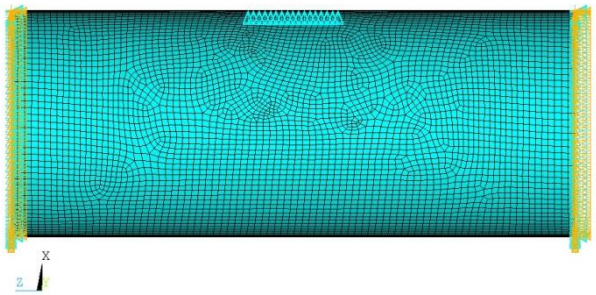
Рис.3.5. Конечно-элементные модели

Для моделирования вмятины в модели MII, соответствующим узлам, лежащим на поверхности вмятины, были заданы перемещения, равные отклонениям соответствующих точек (узлов) поверхности от круглой формы.

Ограничения степеней свободы для моделей объекта представлены на рис.3.6.



а) MI



б) MII

Рис.3.6. Ограничения степеней свободы в моделях

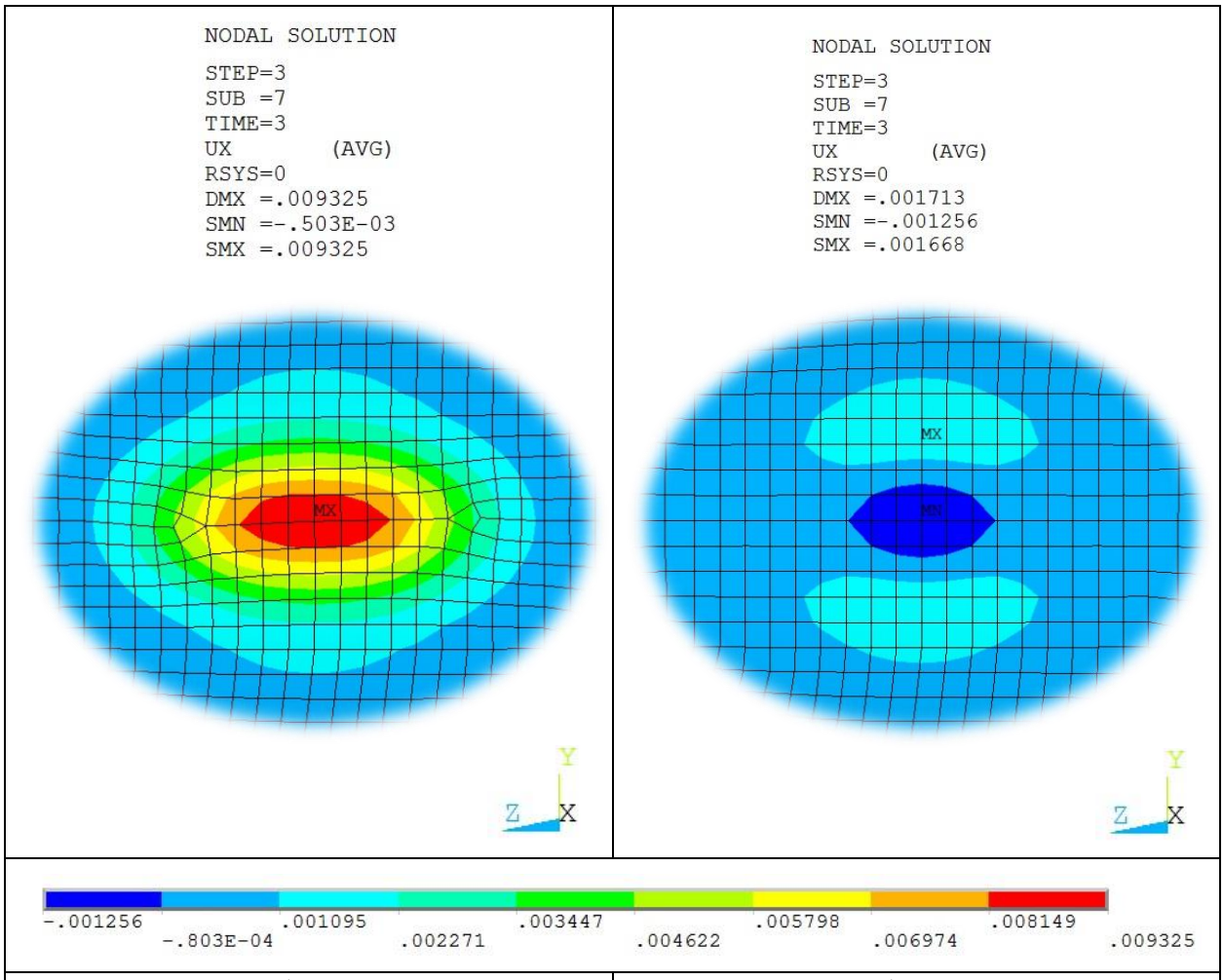
Последовательность приложения нагрузок для каждой модели описана в табл.3.2.

Табл.3.2. Последовательность приложения нагрузок в моделях

Модель	Стадия нагружения (TIME)		
	1	2	3
MI	Отсутствие нагрузок	Отсутствие нагрузок	Давление
MII	Нагрузка перемещения узлов вмятины	Отсутствие нагрузок	Давление

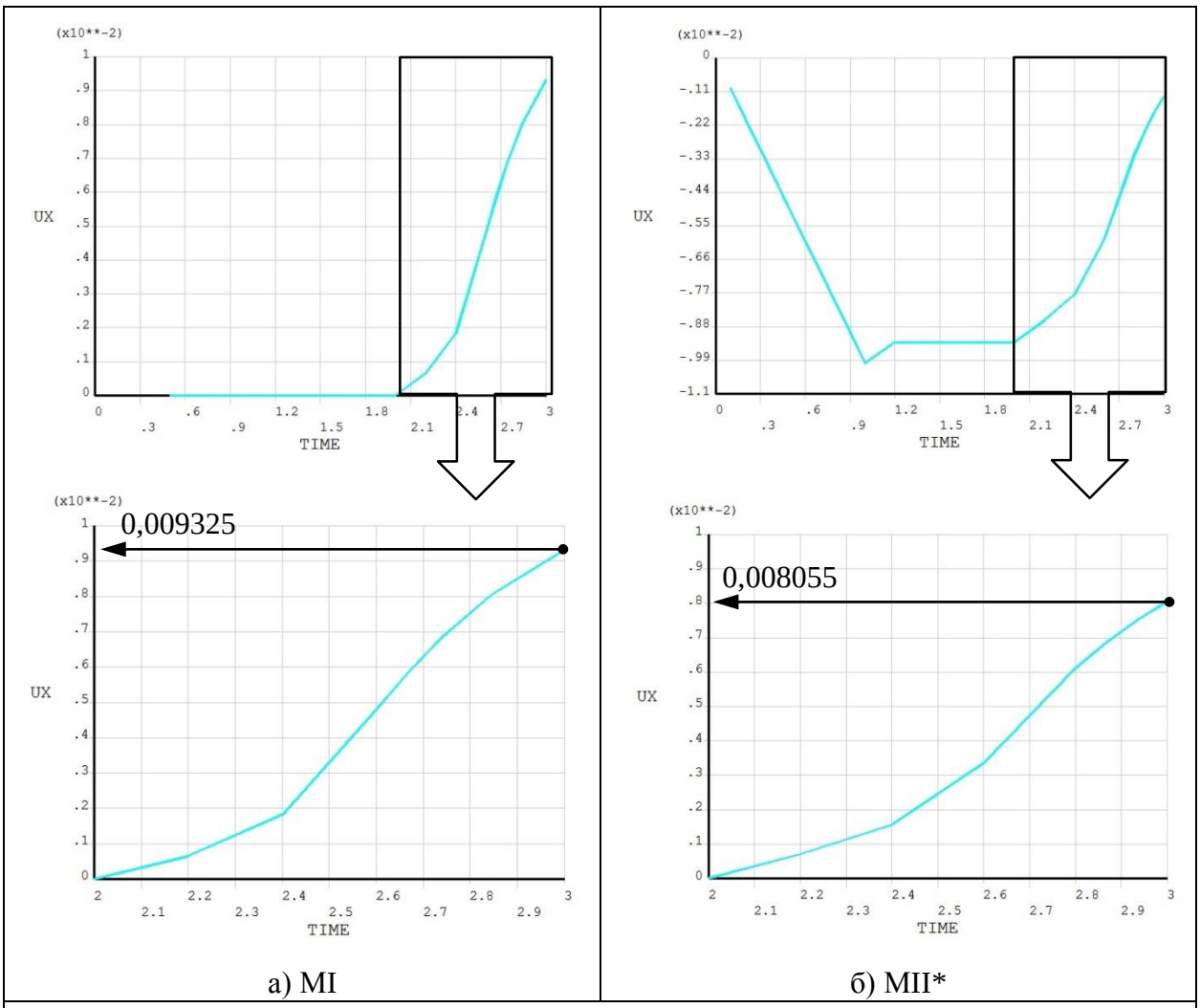
4. Результаты расчета

Результаты расчета перемещений и напряжений представлены на рис.4.1, рис.4.2 и рис.4.3, рис.4.4, соответственно.



а) MI	б) MII

Рис.4.1. Карта распределения перемещений в моделях, [м]



а) MI | б) MII*

Рис.4.2. Графики зависимости перемещений от TIME в центре вмятины в моделях, [м/TIME]

** начало отсчета перемещений:*

на верхнем рисунке - от цилиндрической поверхности;

на нижнем рисунке - от смоделированной вмятины.

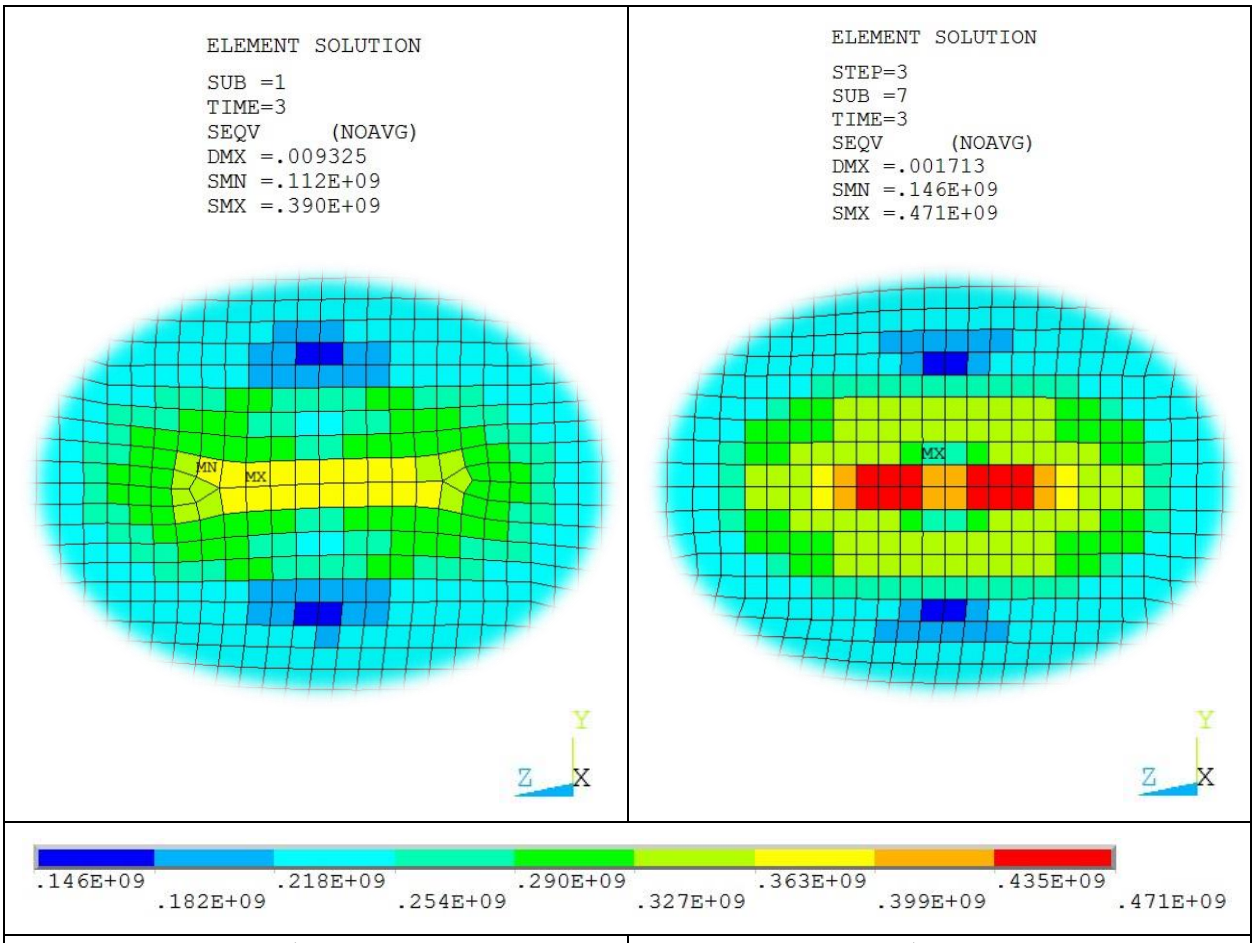
Относительная погрешность по перемещениям в центре вмятины:

$$\varepsilon = \frac{0.009325 - 0.008055}{0.008055} \cdot 100\% = 16\%.$$

Вывод:

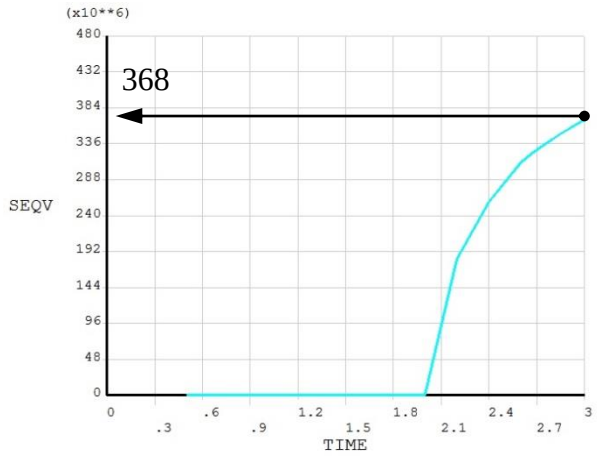
Качественно сравнить перемещения сложно, т.к. на картах распределения перемещений начало отсчета перемещений отличается для двух моделей.

Количественно результаты расчета в центре вмятины двух моделей различаются на 16%.

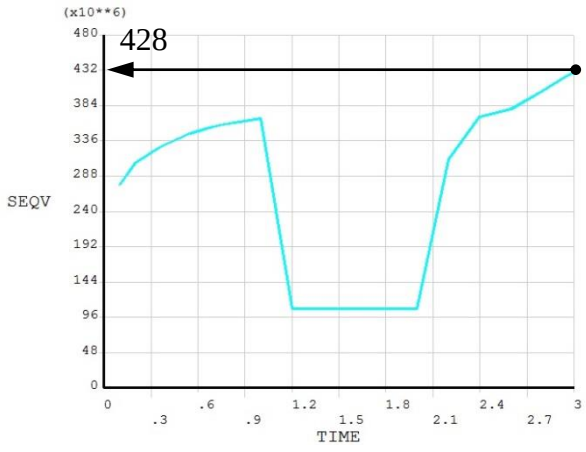


а) MI	б) MII

Рис.4.3. Карта распределения эквивалентных напряжений в моделях, [Па]



а) MI



б) MII

Рис.4.4. Графики зависимости эквивалентных напряжений от TIME в центре вмятины в моделях, [МПа/TIME]

Относительная погрешность по напряжениям в центре вмятины:

$$\varepsilon = \frac{428 - 368}{428} \cdot 100\% = 14\%.$$

Вывод:

Напряжения в моделях качественно различаются.

Количественно результаты расчета в центре вмятины двух моделей различаются на 14%.

5. Заключение

Моделировать вмятину необходимо способом, представленным в модели MII, т.к. он более реалистичен с точки зрения физики процесса.

Использование модели MI в качестве альтернативы моделирования вмятины неправильно, т.к. напряжения и перемещения в рассмотренных двух моделях значительно различаются.

Приложение.

В качестве дополнения к проделанной работе был проведен расчет модели MIII, аналогичный расчету модели MII с тем отличием, что на второй стадии нагружения помимо отсутствия нагрузок, в модели были обнулены все перемещения, деформации и напряжения (табл.П.1).

Табл.П.1. Последовательность приложения нагрузок

Модель	Стадия нагружения (TIME)		
	1	2	3
MIII	Нагрузка перемещения узлов вмятины	Отсутствие нагрузок. Обнуление перемещений, деформаций и напряжений	Давление

Результаты расчета перемещений и напряжений представлены на рис.П.1, рис.П.2 и рис.П.3, рис.П.4, соответственно.

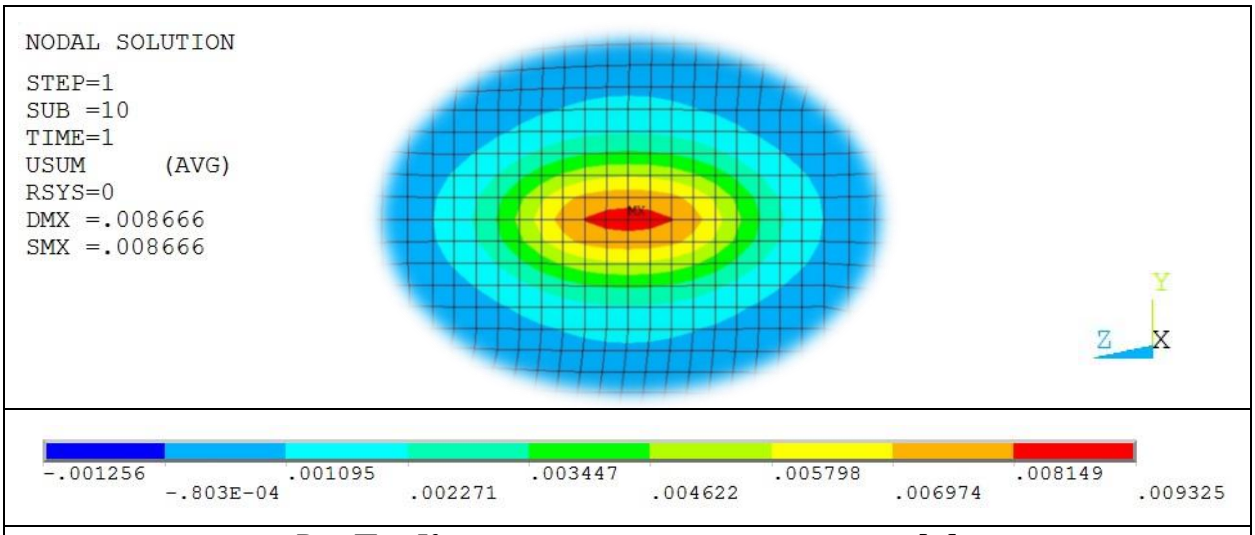


Рис.П.1. Карта распределения перемещений, [м]

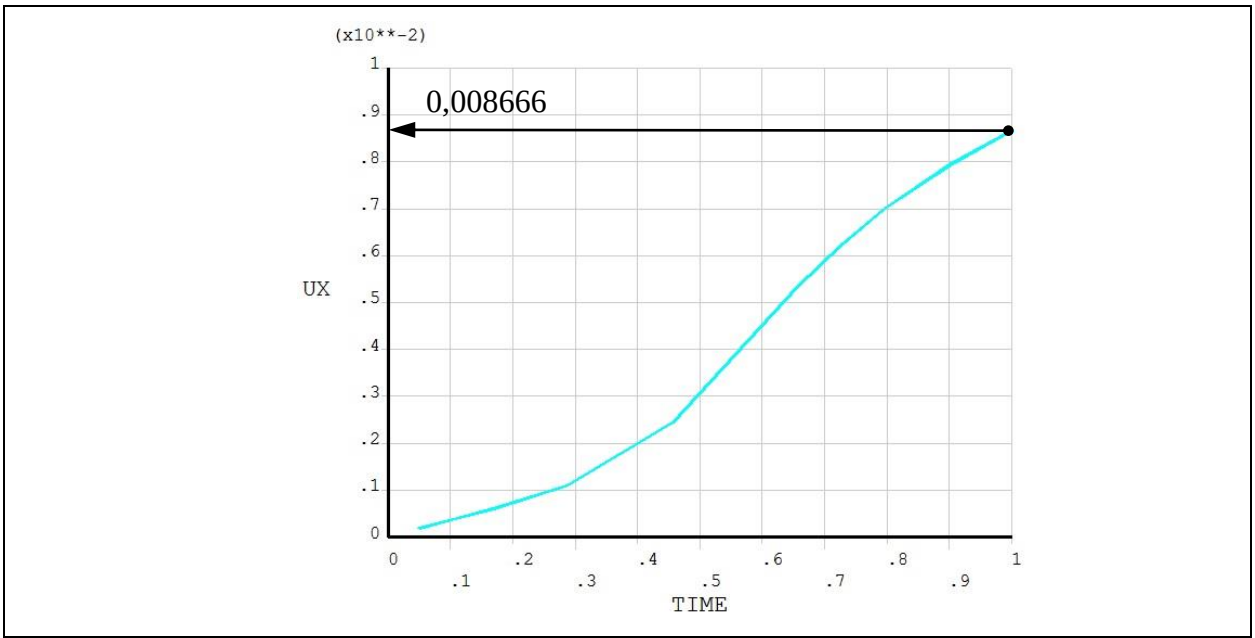


Рис.П.2. График зависимости перемещений от TIME в центре вмятины (последняя стадия нагружения), [м/TIME]

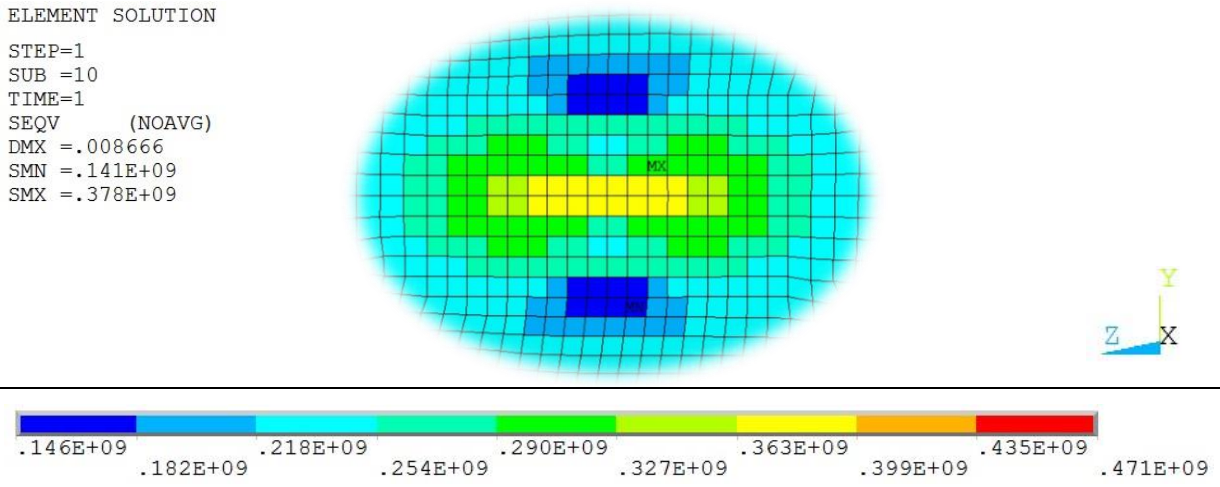


Рис.П.3. Карта распределения эквивалентных напряжений, [Па]

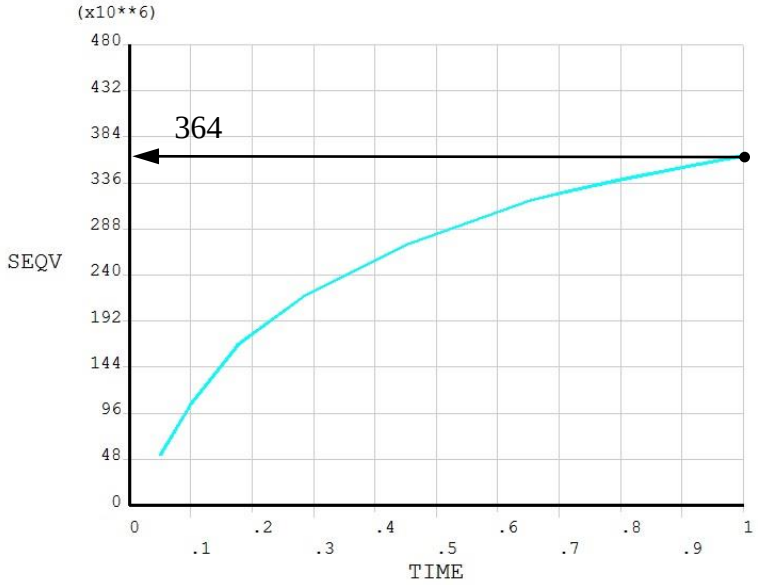


Рис.П.4. Графики зависимости эквивалентных напряжений от TIME в центре вмятины (последняя стадия нагружения), [МПа/TIME]

Вывод:

Карты распределения напряжения и перемещения модели MIII схожи с моделью MI.

Значение перемещений находится между моделями MI и MII.

Значение напряжений меньше чем в моделях MI и MII.

С MII более корректно сравнивать модель MIII, а не модель MI, т.к. в этом случае совпадает начальная геометрия вмятины.

Моделировать вмятину необходимо способом, представленным в модели MII.