Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Институт ядерной физики и технологий
кафедра «Компьютерное инженерное моделирование»

Выпускная квалификационная работа магистра на тему:

«Моделирование процесса разрушения графитового блока активной зоны РУ»

Цель работы:

Определение момента и скорости развития первой трещины в графитовом блоке РУ

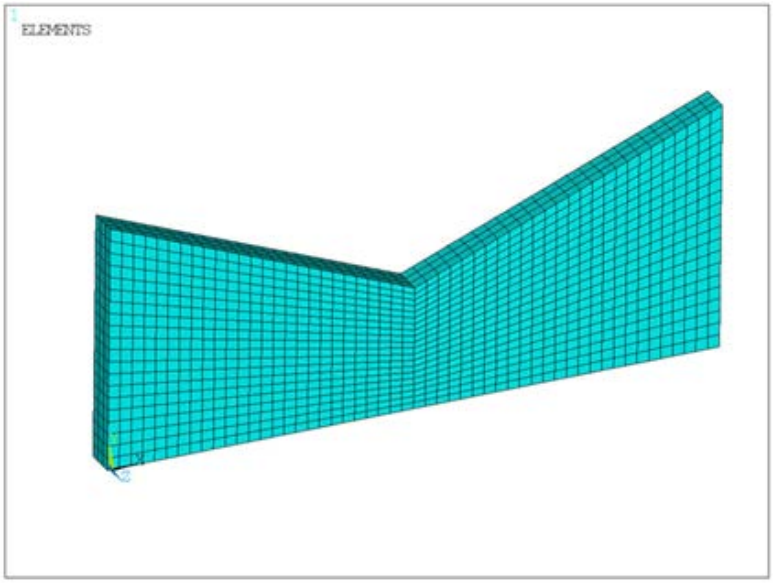
Методы решения

“убийство” элементов

контактная задача

Метод “убийства” элементов

В программном комплексе ANSYS существует функция EKILL, с помощью которой элементы возможно **деактивировать**.



КЭМ образца

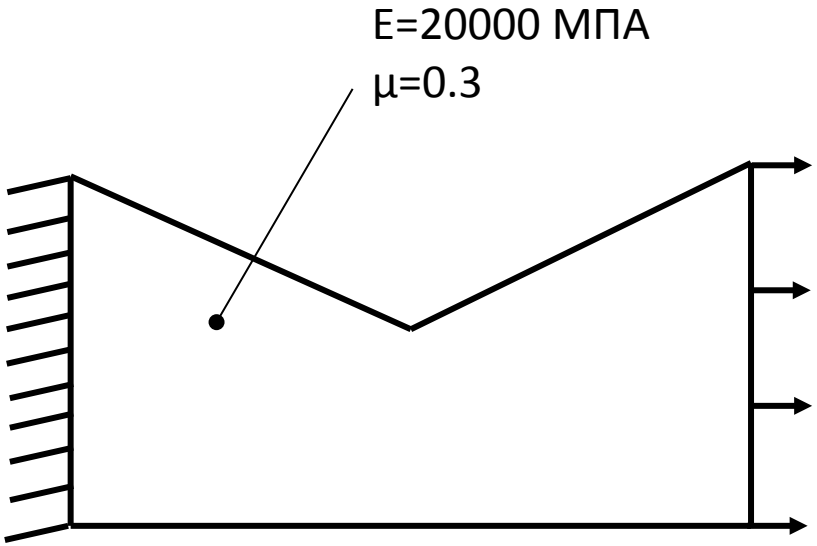
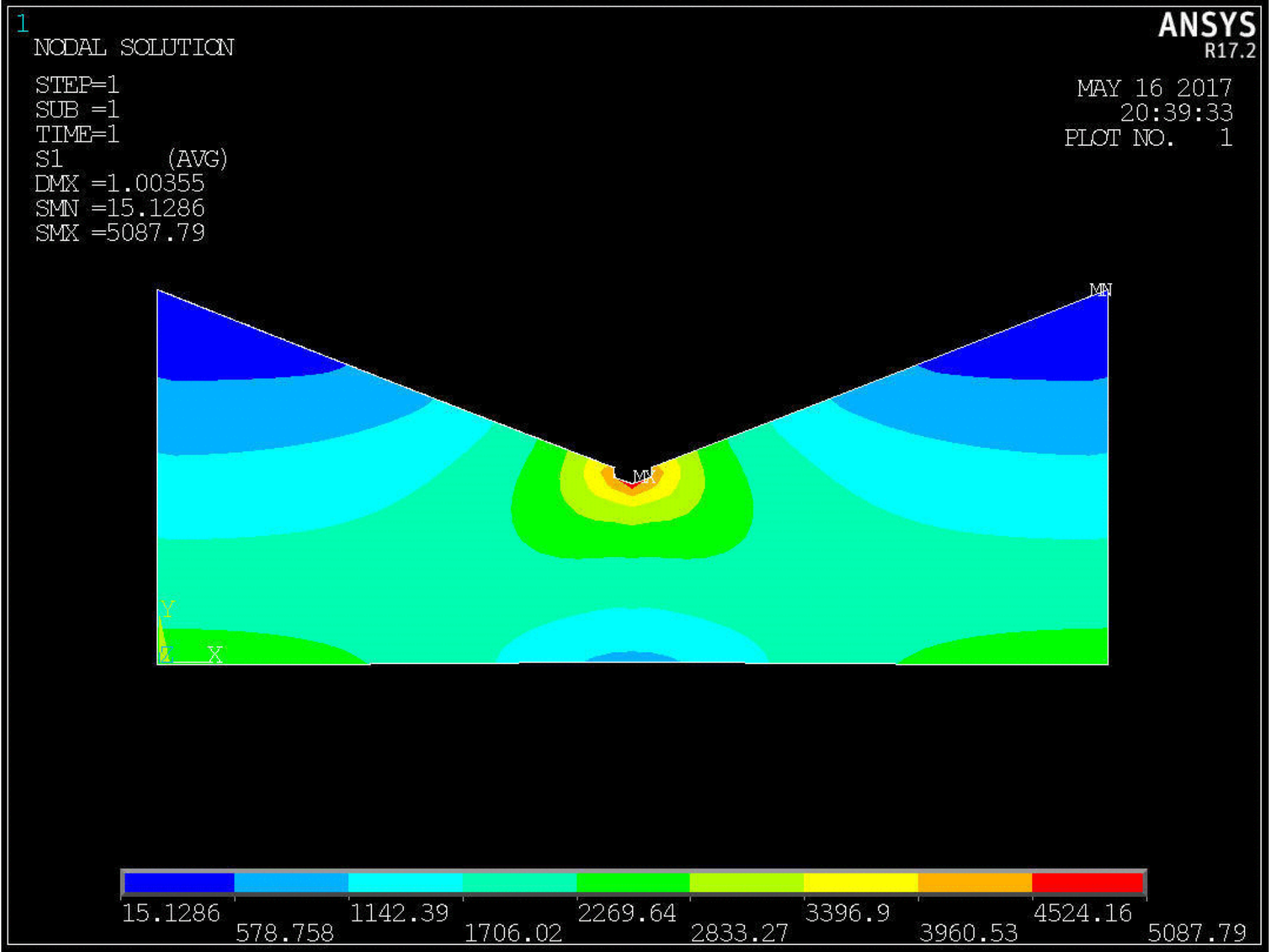
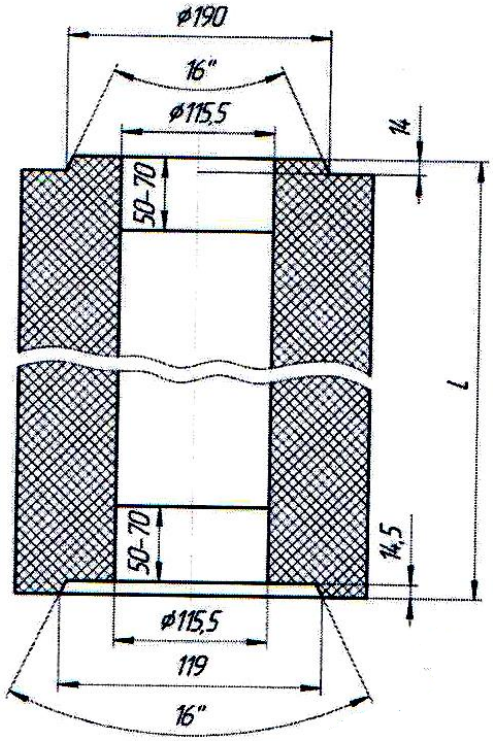


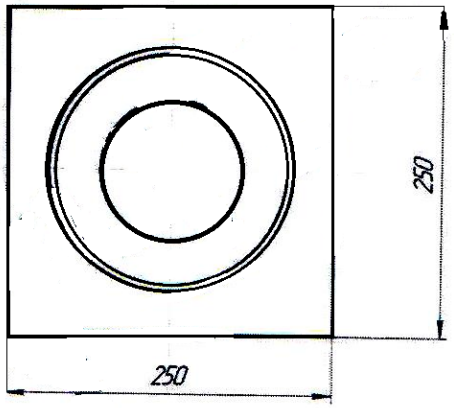
Схема нагружения тестовой детали

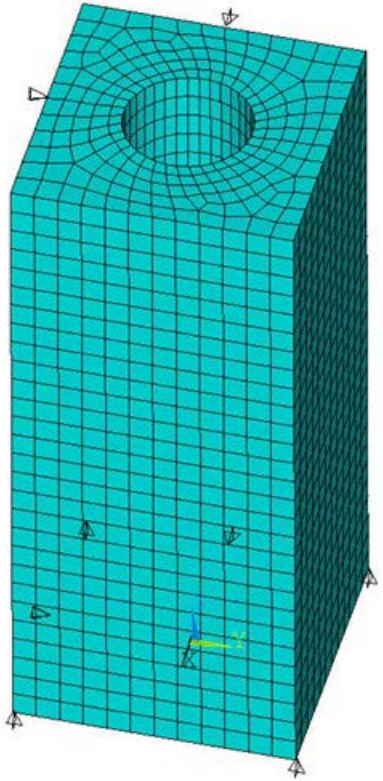

1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
S1 (AVG)
DMX =1.00355
SMN =15.1286
SMX =5087.79
ANSYS
R17.2
MAY 16 2017
20:39:33
PLOT NO. 1
MN
MX
Y
Z
X
15.1286
578.758
1142.39
1706.02
2269.64
2833.27
3396.9
3960.53
4524.16
5087.79

Графитовый блок РБМК-1000



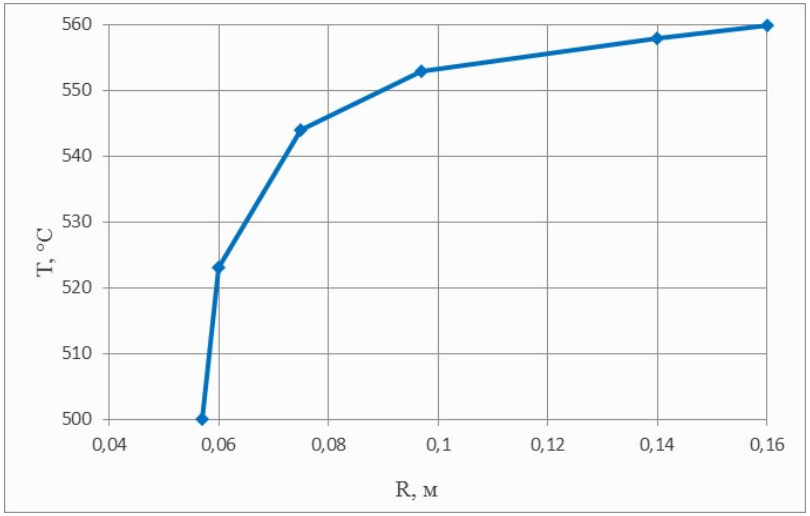
Основу реактора составляют блоки высотой 600 мм с прямоугольным сечением 250x250 мм.



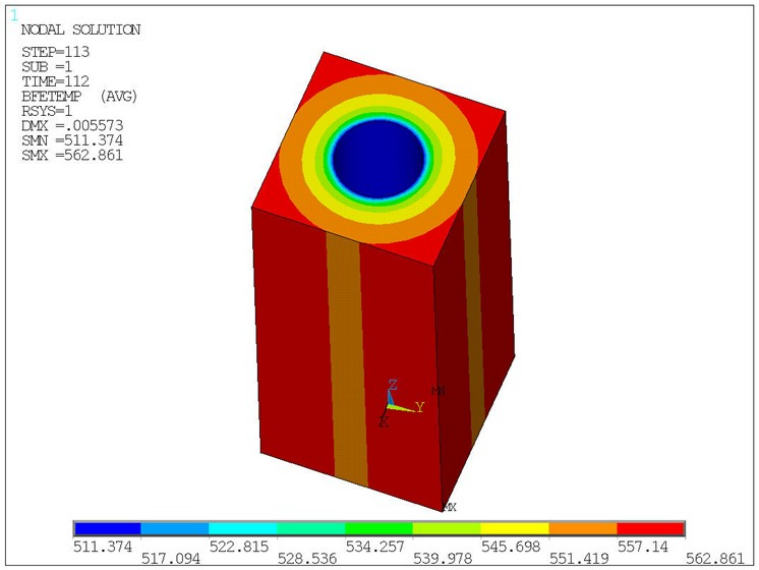


КЭМ графитового блока с граничными условиями

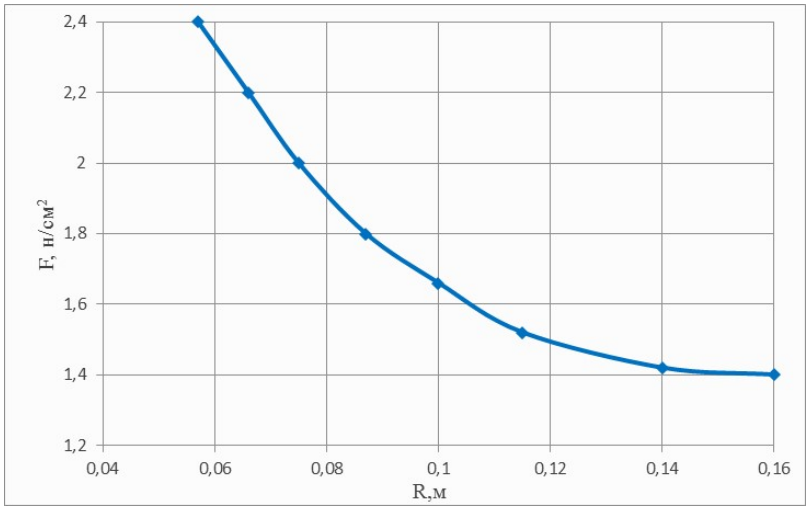
Нагрузки



Изменение температуры вдоль радиуса графитового блока



Распределение температуры в блоке

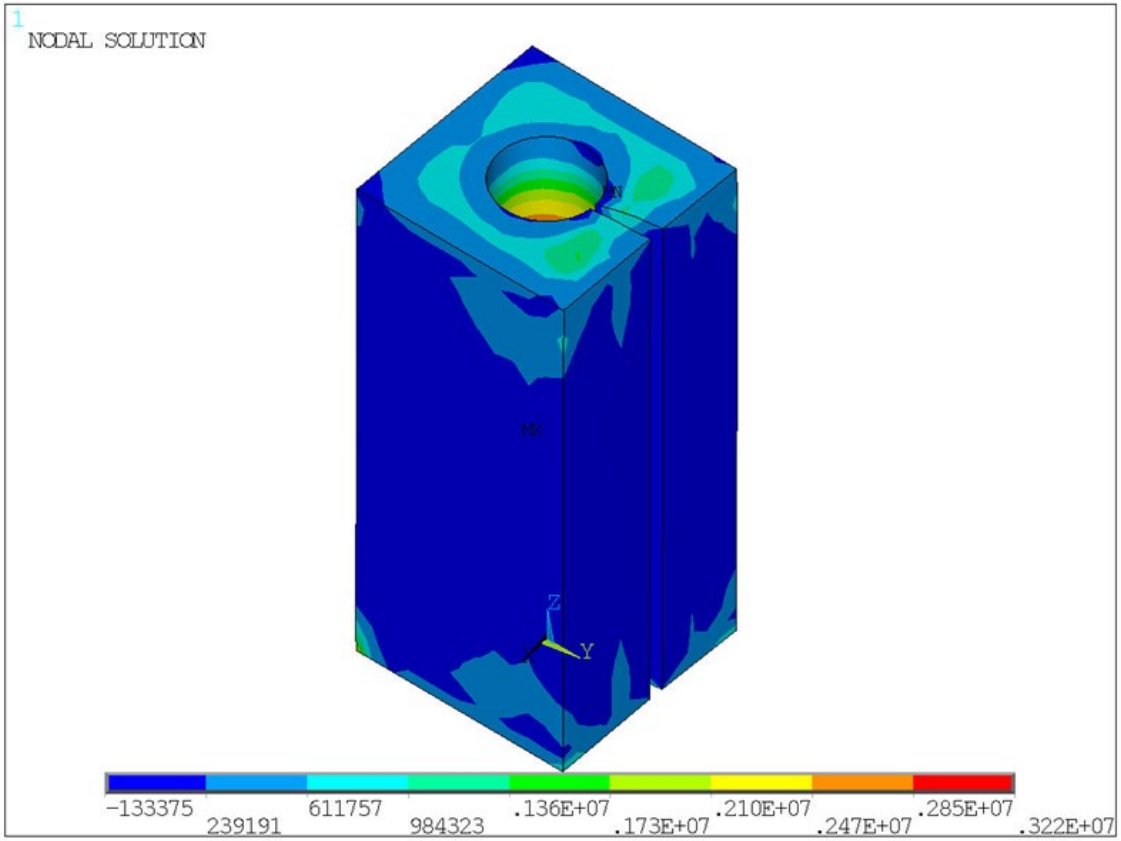


Изменение флюенса вдоль радиуса графитового блока

Деформации, возникающие при эксплуатации блока:

$$\varepsilon = \varepsilon^{el} + \varepsilon^{T} + \varepsilon^{sw} + \varepsilon^{cr}$$

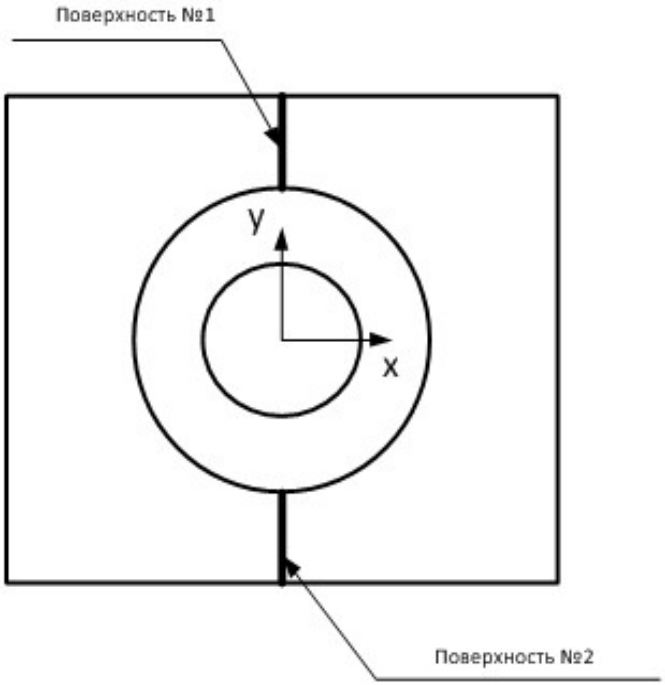
Результаты



Распределение первых главных напряжений σ_1 в блоке с образовавшейся поперечной трещиной

Разрушение произошло при накопленном флюенсе в размере $1.54*10^{22}$ н/см^2

Контактная задача

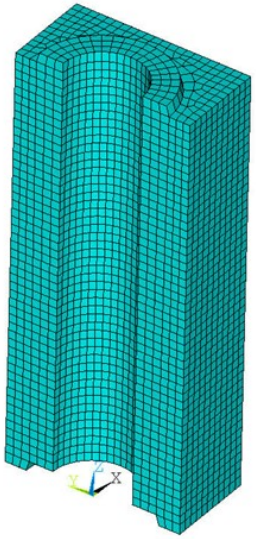


Критерий трещинообразования:

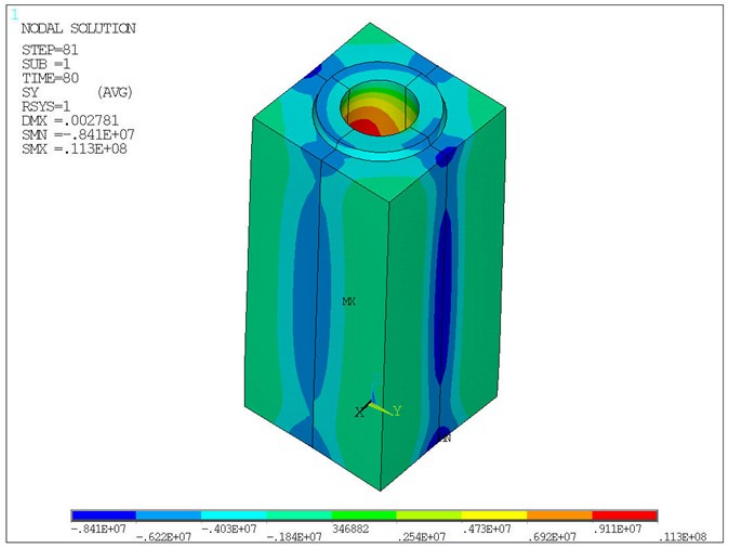
$$\sigma_1 \geq R_m^{TENS}$$

где σ_1 - первое главное напряжение;

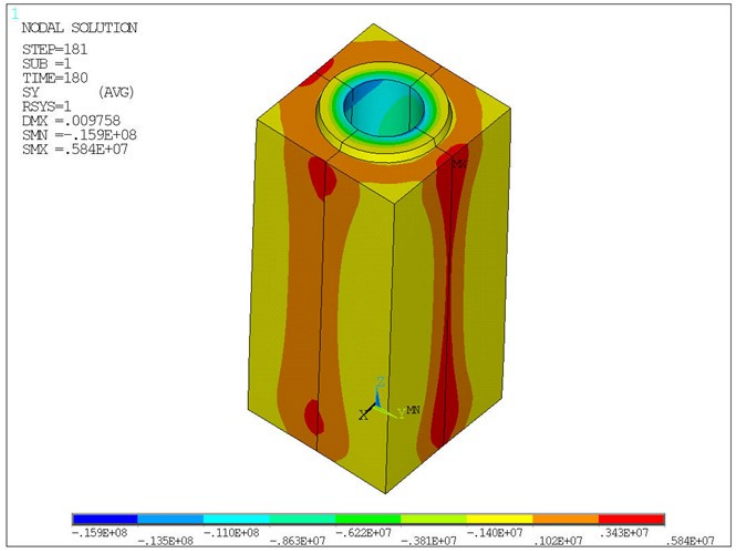
$R_m^{TENS} = f(T,\Phi)$ - предел прочности при растяжении в поперечном направлении.



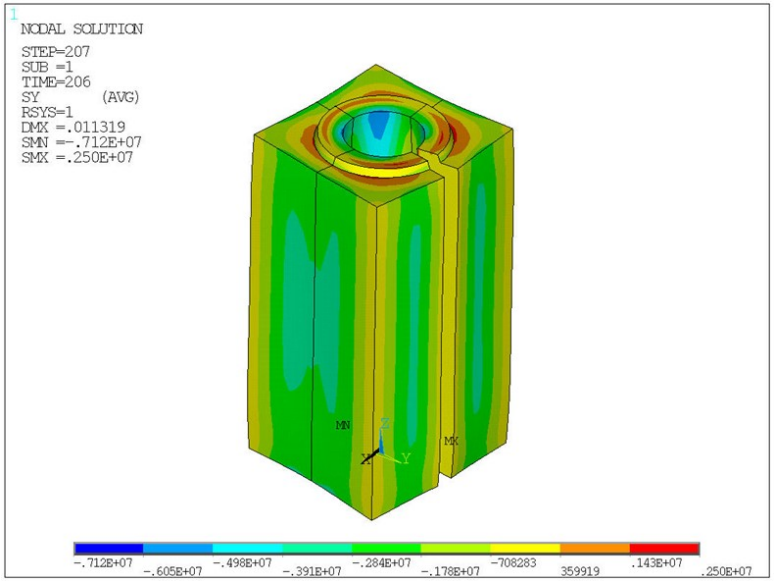
Конечно-элементная модель графитового блока (в разрезе)



Распределение окружных напряжений в блоке на 10 год эксплуатации



Распределение окружных напряжений в блоке на 24 год эксплуатации



Распределение окружных напряжений σ_t в момент возникновения эксплуатационной трещины (27 год. масштаб перемещений 10:1)

Разрушение произошло при накопленном флюенсе в размере 1,754-10^{22} н/см^2

Анализ результатов

1. При решении задачи растрескивания графитового блока с помощью элементов связи(контактов) полный пророст трещины произошел при накопленном флюенсе в размере 1,754-10^{22}, что соответствует 27 годам эксплуатации.

2. Результатом расчета графитового блока при помощи функции EKILL стало его разрушение при значении флюенса равном 1.54*10^{22}, что соответствует 24 годам эксплуатации.

3. Результаты данных двух методов довольно хорошо соотносятся с реальным сроком пророста первой эксплуатационной трещины графитового блока(30 год).

Выводы

1. В рамках данной работы был смоделирован процесс разрушения графитового блока в программном комплексе ANSYS двумя способами – методом EKILL и контактной задачи.

2. Перед тем, как приступить к расчету графитового блока с помощью функции “убийства” элементов, данным метод был реализован на примере тестовой задачи.

3. На основе двух методов были найдены моменты образования первой трещины в графитовом блоке реактора РБМК-1000, полученные результаты хорошо коррелируют с реальными данными.

Спасибо за внимание!