

Механические модели  
поведения горных пород.  
Разработка  
специализированных моделей  
материалов горных пород на  
базе пакета ANSYS

Целью выполняемой работы является реализация модели материала горных пород с разупрочнением и реализация ее на базе пакета конечно элементного моделирования ANSYS.с использованием пользовательских процедур программирования( usermat.f).

# Этапы проведения работы:

- Реализация математической модели горных пород с разупрочнением.
- Установка и настройка среды для использования пользовательских процедур в пакете ANSYS.
- Написание программного модуля с использованием данной модели.
- Решение прикладной задачи

# Реализация математической модели горных пород с разупрочнением.

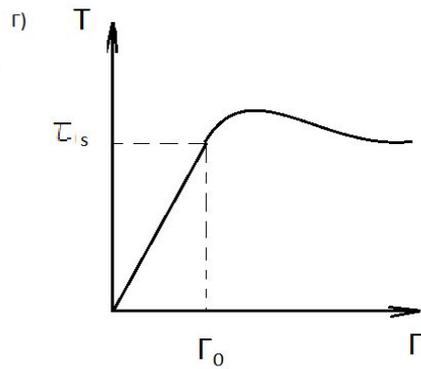
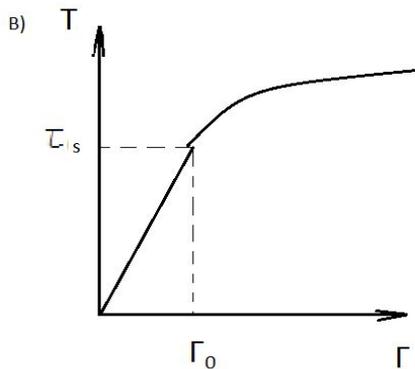
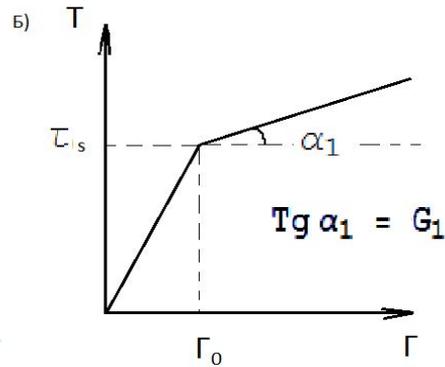
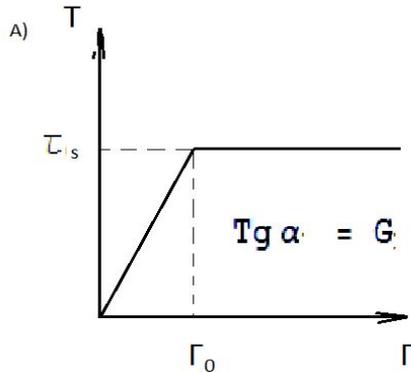
Для реализации математической модели использовалось условие Мизеса:

$$f(\sigma_{ij}) = T - \tau_s = 0.$$

где  $T$  – интенсивность касательных напряжений, которая связана с интенсивностью касательных деформаций  $\Gamma$ :  $T = g(\Gamma)$

Параметр  $\tau_s$  меняется в зависимости от среды, в которой находится материал в данный момент.

# Связь интенсивности касательных напряжений и деформаций сдвига



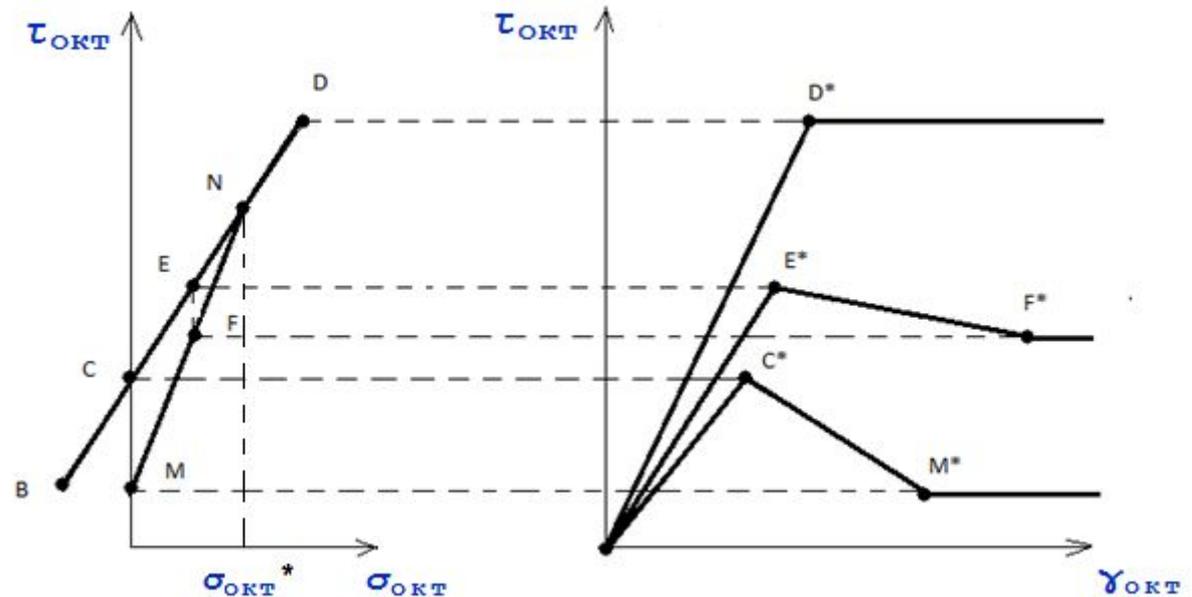
А) Среда идеальной пластичностью

Б) Среда с линейным упрочнением

В) Среда с нелинейным упрочнением

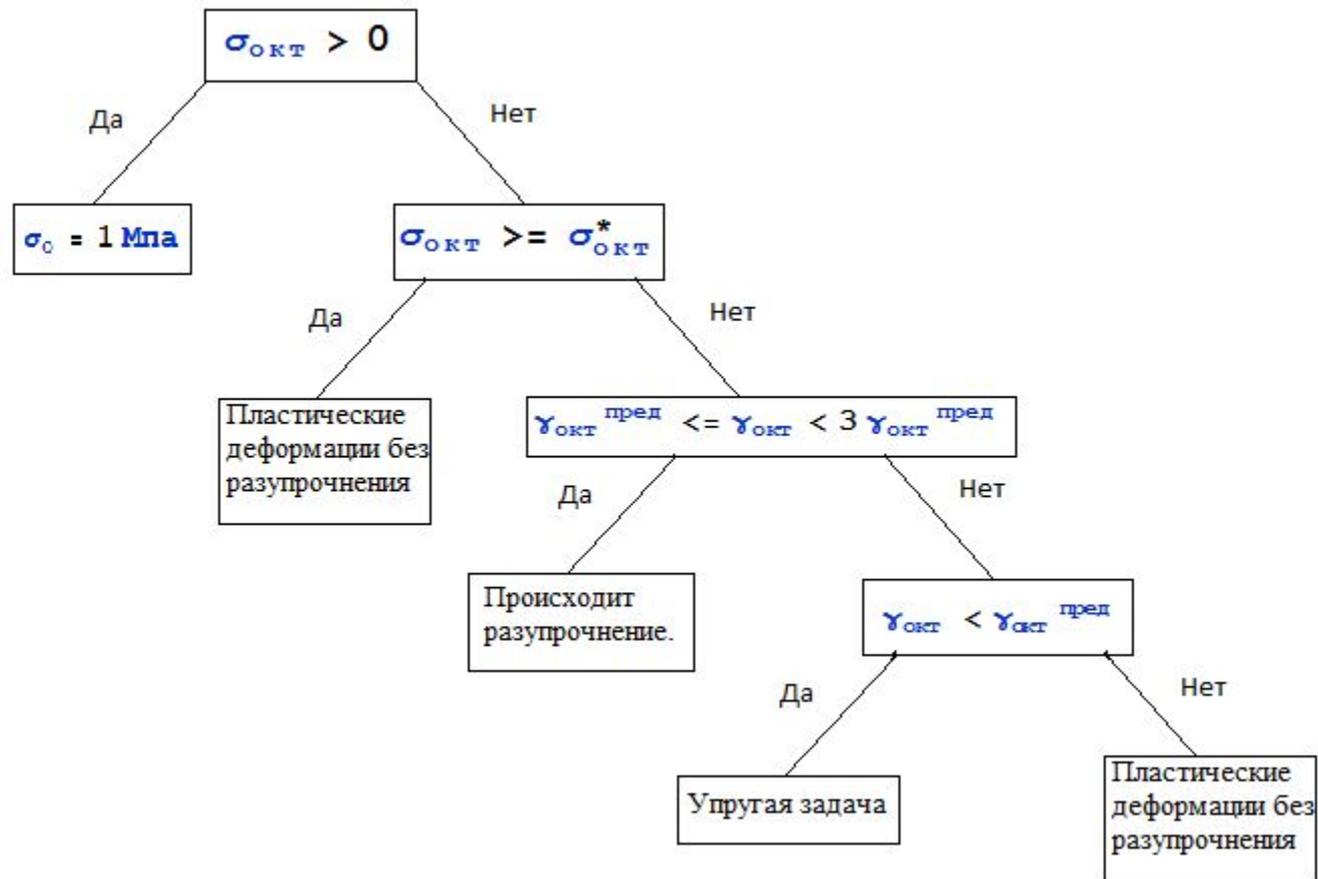
Г) Среда с нелинейным разупрочнением

# Среда с разупрочнением



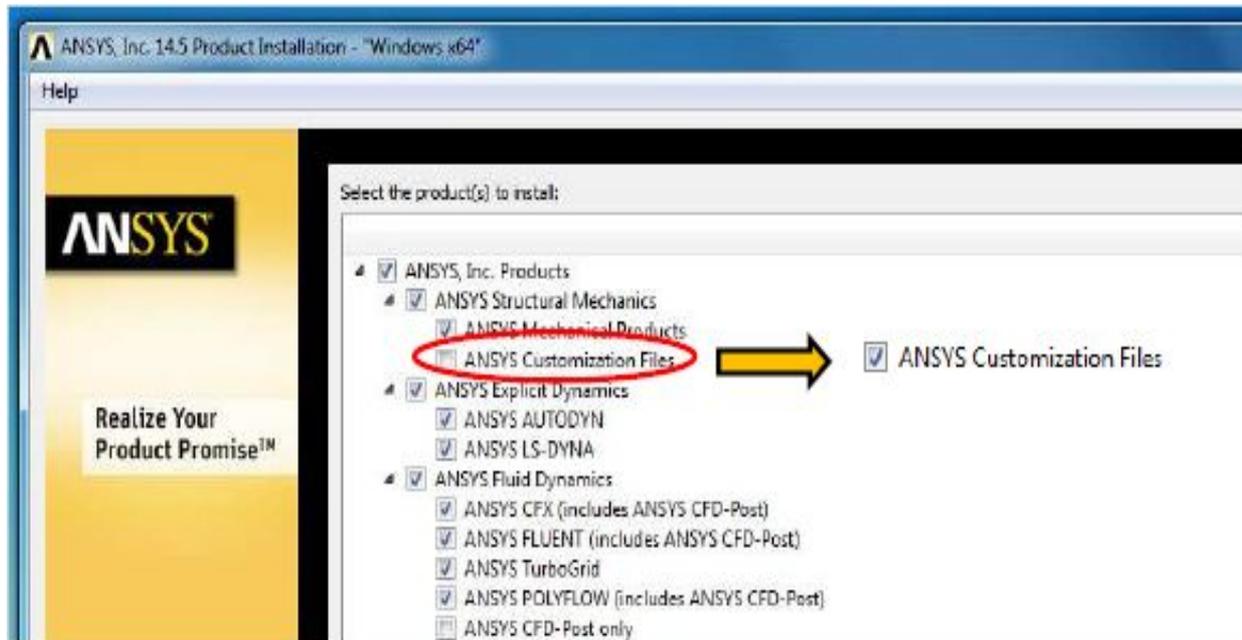
BD – состояние среды до разупрочнения, MN – после. задаются с помощью коэффициента сцепления и угла внутреннего трения. Первоначально рассматривается величина  $\tau_{\text{ОКТ}}$  и ее значение находится выше прямой BD, то имеет место пластическая задача, иначе имеет место упругая задача.

# Алгоритм решения задачи с разупрочнением



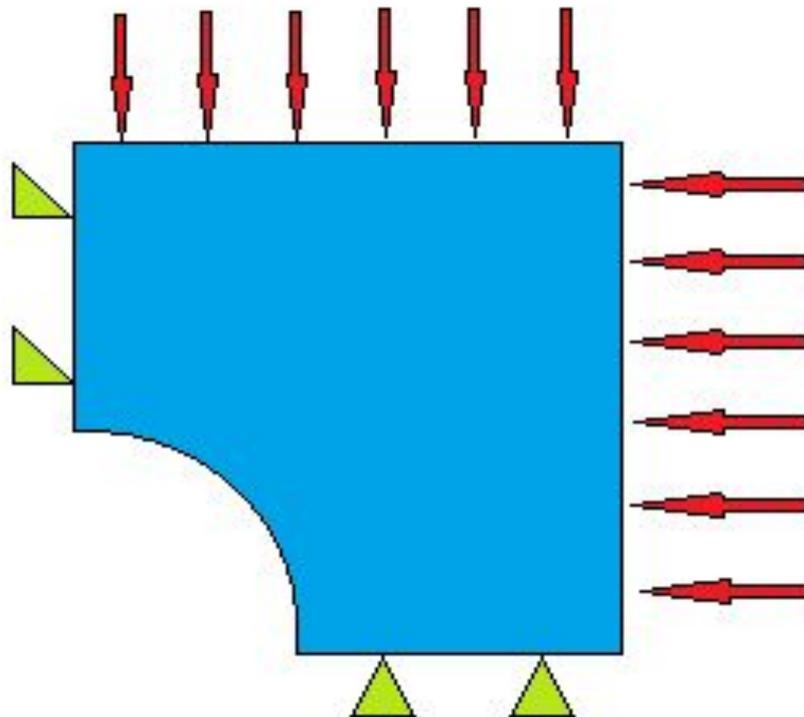
# Установка и настройка среды для использования пользовательских процедур

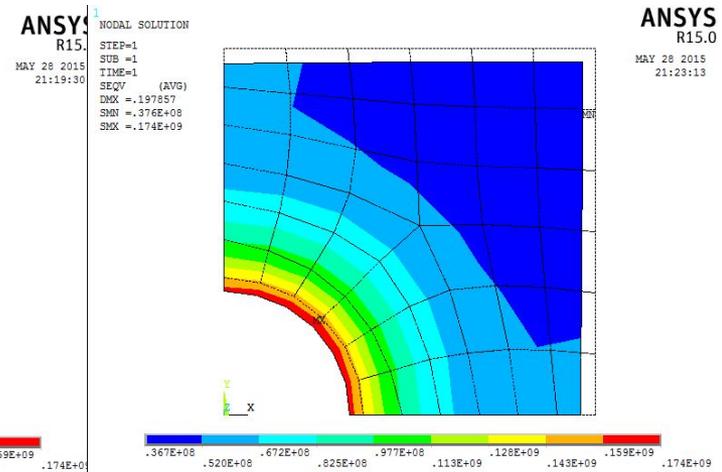
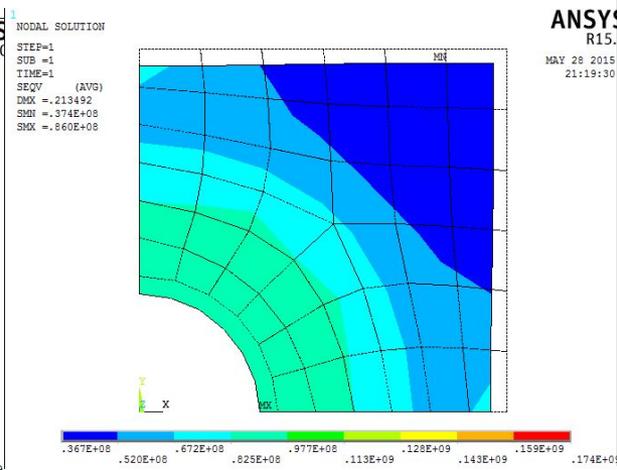
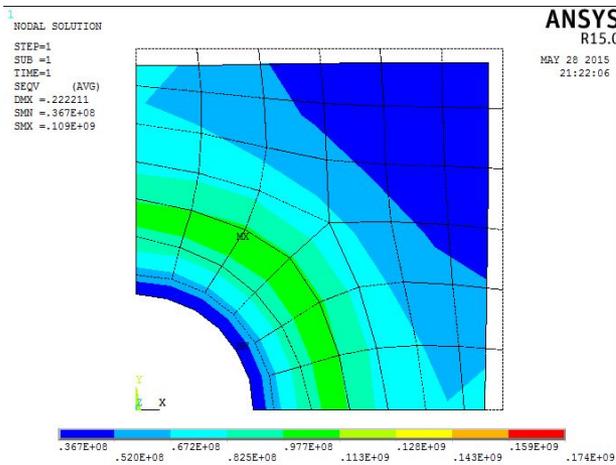
- Установка ANSYS с разрешением использования пользовательских процедур



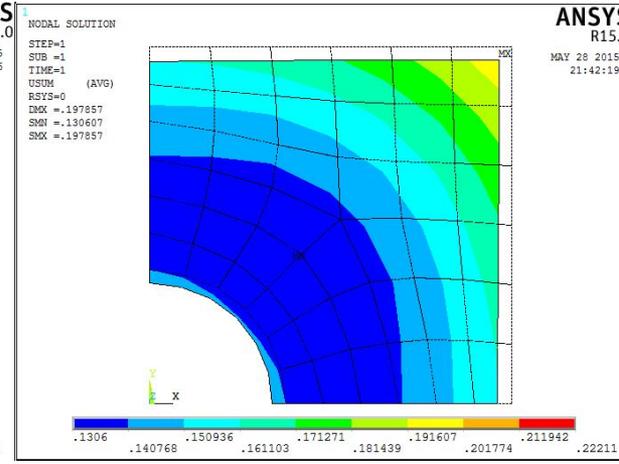
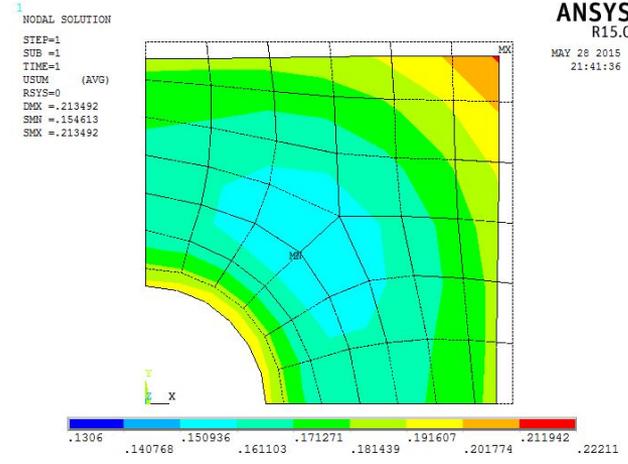
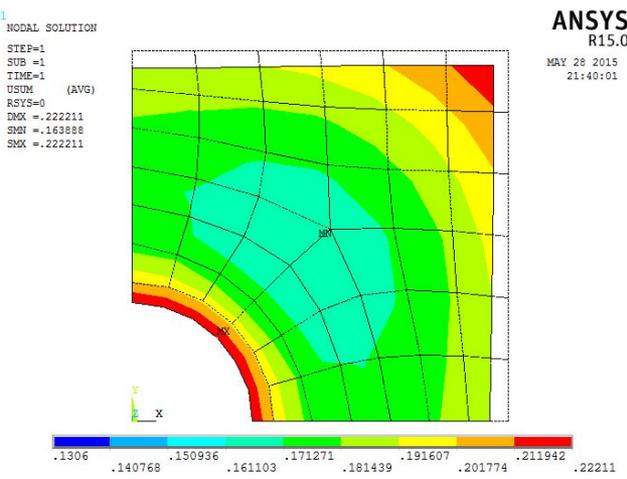
- установка компилятора языка Fortran, и Visual studio.

# Решение прикладной задачи. Условие





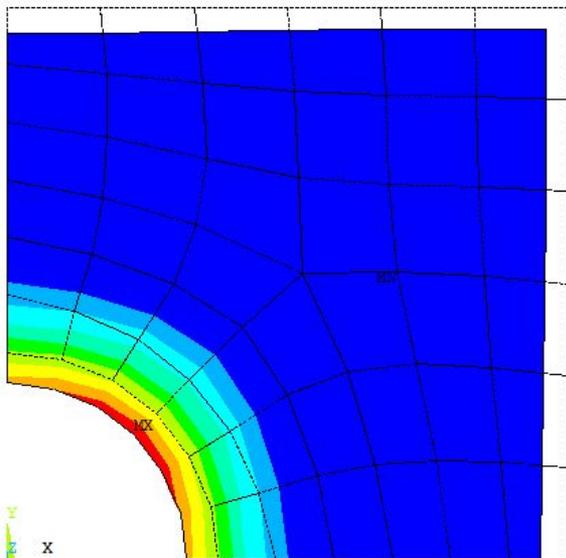
На рисунке: интенсивность напряжений



На рисунке: суммарные перемещения.

NODAL SOLUTION

STEP=1  
SUB =1  
TIME=1  
EPPLEQV (AVG)  
DMX =.222211  
SMX =.150542

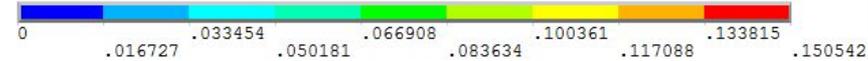
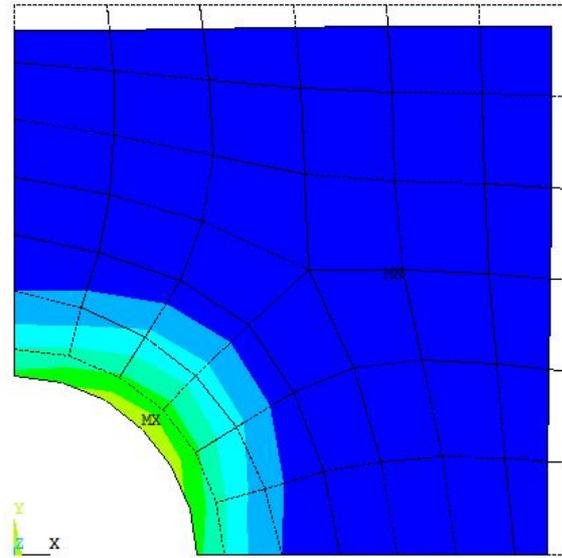


ANSYS  
R15.0

MAY 28 2015  
21:44:12

1 NODAL SOLUTION

STEP=1  
SUB =1  
TIME=1  
EPPLEQV (AVG)  
DMX =.213492  
SMX =.098341



ANSYS  
R15.0

MAY 28 2015  
21:45:28

На рисунке: интенсивность пластических деформаций

# Вывод

- В дипломной работе получены следующие результаты:
- На базе пользовательской процедуры пакета ANSYS реализована математическая модель поведения материала горных пород с разупрочнением.
- Написан программный модуль ( usermat.f ) для выполнения расчетов методом конечных элементов в пакете ANSYS с использованием данной модели.
- Выполнен сравнительный расчет задачи с выработкой: в упругой постановке, для случая идеальной пластичности, для среды с разупрочнением.