

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ СТЕНОК ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

Губайдуллин А.Г., Тихонов А.Е.

Научный руководитель к.т.н., доцент Булюкова Ф.З.

ФГБОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет

В настоящее время более 90% нефтяных и газовых скважин являются наклонно-направленными и горизонтальными. При разработке проектной документации на строительство наклонно-направленных и горизонтальных скважин проектные организации и компании-операторы, как правило, вводят раздел по геомеханическому обеспечению устойчивости стенок скважин, а при строительстве скважин выполняют мониторинг в режиме реального времени, так как нарушение устойчивости стенок скважин (сужение, кавернообразование) может привести к аварийным ситуациям, как в процессе бурения, так и при эксплуатации скважин (прихваты бурильной колонны, смятие обсадных колонн).

В данной работе рассмотрена задача сужения стенки горизонтальной скважины в изотропном упругом массиве горных пород непосредственно после образования ствола скважины долотом. Задача решена методом конечных элементов.

На рисунке 1 показана трехмерная конечно-элементная модель горизонтальной скважины в изотропном упругом массиве горных пород, выполненная в программе Ansys Workbench.

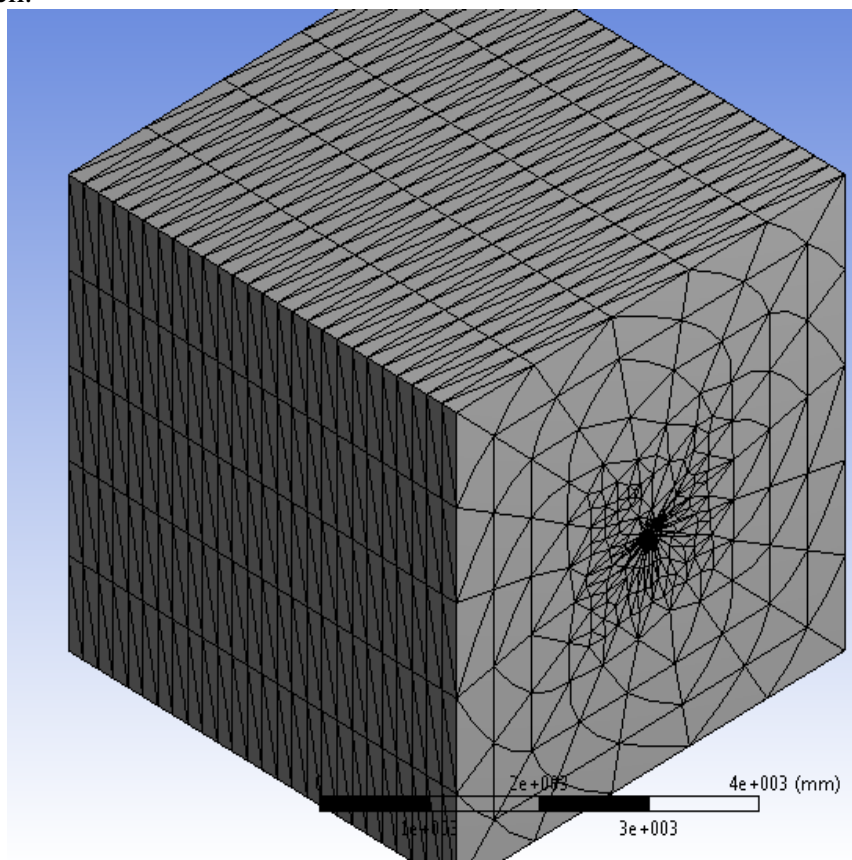


Рисунок 1 - Горизонтальная скважина в изотропном упругом массиве горных пород

При моделировании процесса деформирования массив горных пород с горизонтальной скважиной рассматривается в виде блока массива горных пород размером 5*5*5 м с пробуренным в нем интервалом горизонтальной скважины. Диаметр интервала скважины составляет 216 мм.

Массив горных пород имеет следующие свойства: коэффициент Пуассона $\mu=0,30$, модуль упругости $C=1600,00$ МПа, плотность горных пород $\rho=1600,00$ кг/м³. Напряженное состояние горных пород определяется горным давлением равным весу вышележащих пород $p_r=57,21$ МПа, боковым горным давлением $p_b=24,52$ МПа, давлением бурового раствора $p_c=26,70$ МПа.

Сетка конечных элементов горного массива создана методом Mapped face meshing (равномерная упорядоченная сетка). Сетка конечных элементов на стенке скважины создана методом измельчения Refinement.

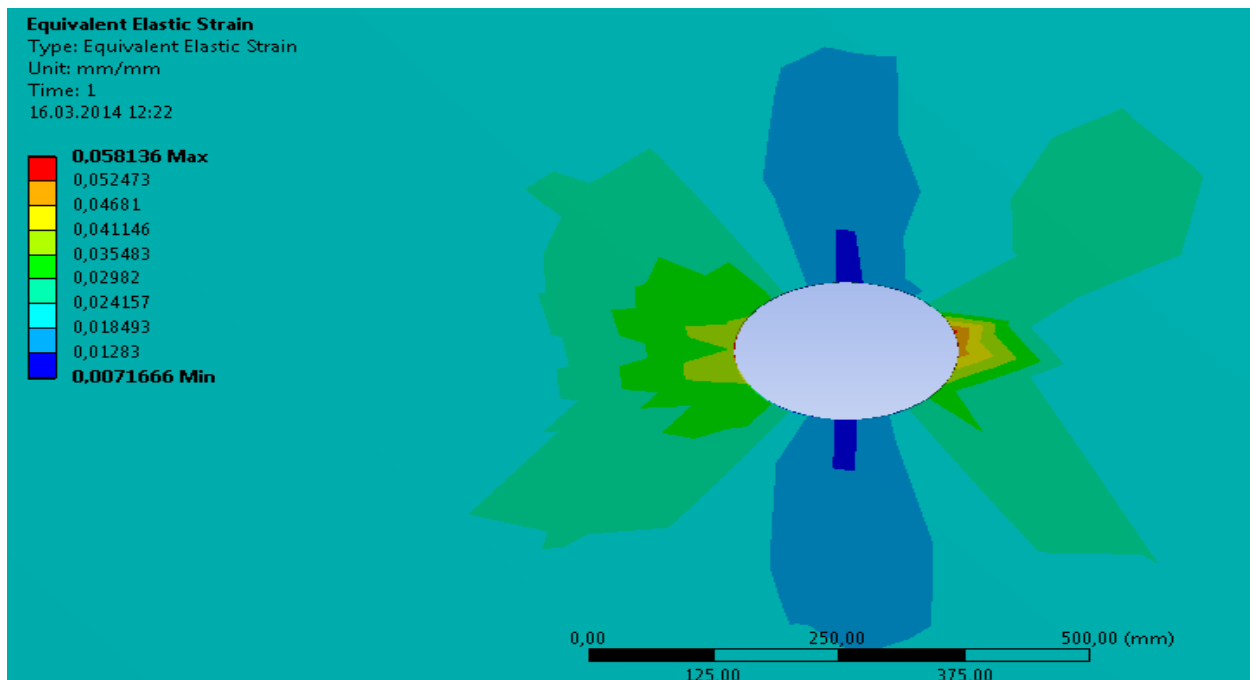


Рисунок 2 – Эквивалентная упругая деформация

На рисунке 2 показано распределение упругой деформации в окрестности скважины. Максимальные значения упругой деформации соответствуют боковым стенкам скважины, а минимальные значения упругой деформации соответствуют верхней и нижней стенке скважины. В результате деформации стенка горизонтальной скважины приобретает форму эллипса.

На рисунке 3 показано распределение эквивалентных напряжений в окрестности скважины. Максимальное значение напряжения ($\approx 86,93$ МПа) соответствует боковым стенкам скважины, а минимальное значение ($\approx 9,81$ МПа) соответствует верхней и нижней стенкам. Таким образом, для боковых стенок характерно напряженно-деформированное состояние растяжения, а для верхней и нижней стенок напряженно-деформированное состояние сжатия. С увеличением расстояния от стенки скважины значения напряжений и деформаций снижается.

На рисунке 4 показано распределение упругого смещения стенки горизонтальной скважины. Наибольшее значение смещения соответствует боковым стенкам скважины ($\approx 0,063$ мм).

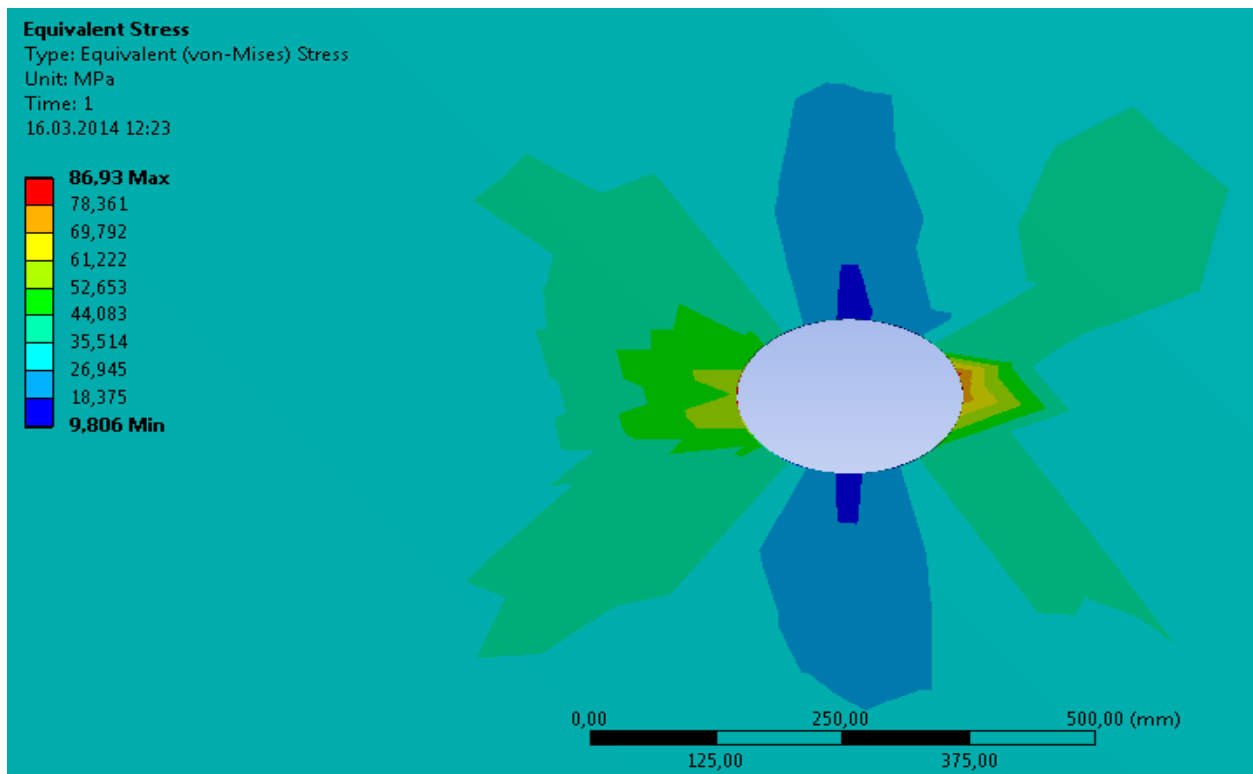


Рисунок 3 - Эквивалентное напряжение по Мизесу

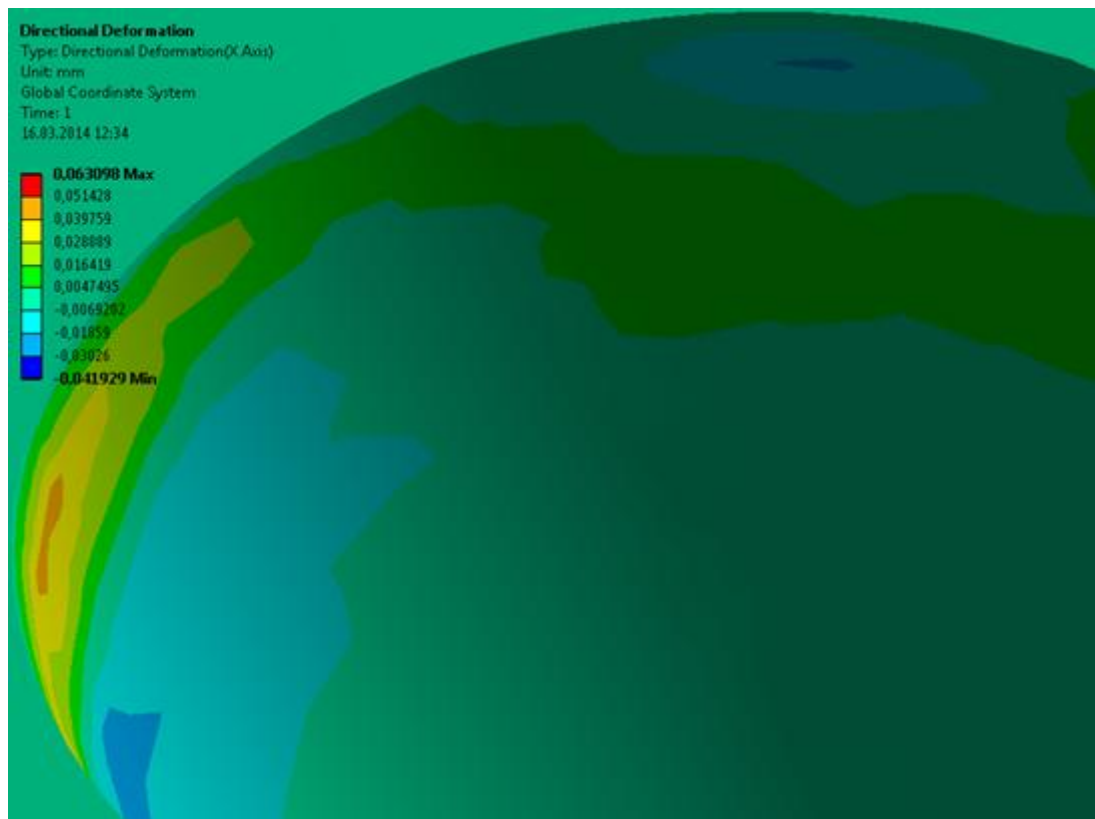


Рисунок 4 – Смещение стенки горизонтальной скважины при горном давлении $p_g=57,21$ МПа, боковом горном давлении $p_b=24,52$ МПа, давлении бурового раствора $p_c=26,70$ МПа

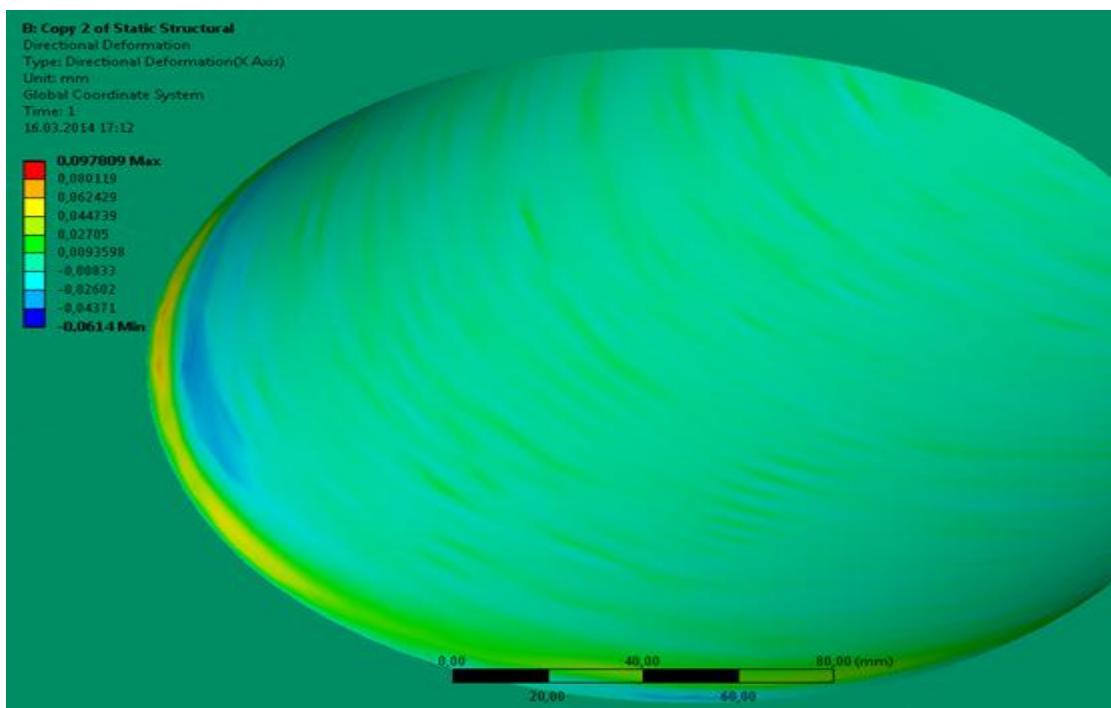


Рисунок 5 – Смещение стенки горизонтальной скважины при горном давлении $p_r=100$ МПа, боковом горном давлении $p_6=42,857$ МПа, давлении бурового раствора $p_c=57,21$ МПа

На рисунке 5 показано смещение стенки горизонтальной скважины при горном давлении $p_r=100$ МПа, боковом горном давлении $p_6=42,857$ МПа, давлении бурового раствора $p_c=57,21$ МПа. Максимальное значение смещения стенки горизонтальной скважины на боковой стенке составляет 0,098 мм.

Таким образом, решение задачи определения смещения стенки горизонтальной скважины в упругом изотропном массиве горных пород, полученное методом конечных элементов в трехмерной постановке совпадает с аналитическим решением данной задачи для условия плоской деформации [2]. В результате расчета получены распределения эквивалентных напряжений, эквивалентных упругих деформаций, смещений на стенке и в окрестности скважины. Показано что в результате деформирования стенка скважины приобретает форму эллипса. Результаты расчетов полей смещений стенок горизонтальной скважины позволяют оценить вероятность прихвата элементов компоновки низа буровой колонны в процессе бурения скважин.

Целью дальнейших исследований является аналитическое и численное решение задач упруго-пластического деформирования стенок горизонтальной скважины с учетом ползучести горных пород, непосредственно после образования скважины долотом и после крепления скважины обсадными трубами.

Список литературы

1. Басарьгин, Ю.М., Булатов, А.И., Проселков, Ю.М. Бурение нефтяных и газовых скважин. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2001. – 632 с.
2. Попов, А.Н., Могучев, А.И., Попов, М.А. Деформирование стенок наклонной скважины и его влияние на работу и изнашивание буровых долот. // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: научно-технический журнал. - М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2008. - №3. - С. 6-12.