

**Численное решение двумерной задачи об устойчивости ствола скважины с помощью технологии CUDA**

**Никитин Леонид Сергеевич**

*Студент (специалист)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной механики, Москва,  
Россия

*E-mail: leonid.nikitin@math.msu.ru*

Изучение устойчивости ствола скважины является одной из важнейших задач на этапах бурения и эксплуатации месторождения.

В докладе рассматривается проблема прогнозирования устойчивости ствола вертикальной скважины путем численного решения плоской краевой задачи модели упругопластического течения согласно критерию Мизеса и закону Гука для изотропного материала. Описывается эффективная параллельная реализация с помощью технологии CUDA, позволяющая проводить моделирование на подробных сетках (до нескольких десятков миллиардов узлов) и, таким образом, учитывать сложную геометрию и неоднородности.

В общем случае на края прямоугольной неоднородной пластинки с отверстием в форме профиля скважины в плоскости пластинки действуют сжимающие или растягивающие силы. Численное решение осуществляется методом конечных разностей с явной по времени схемой в сочетании с методом установления на декартовой регулярной разнесённой по пространству сетке. Явная по времени схема идеального подходит для распараллеливания алгоритма, так как не требует решения систем уравнений на каждой итерации. Предлагается реализация, использующая для вычислений один или несколько графических процессоров с помощью технологии CUDA. Возможно проведение расчетов на сетках, содержащих до 20 миллиардов узлов (при использовании 256 Гб графической памяти).

Было произведено сравнение и хорошее совпадение численных результатов с аналитическими решениями некоторых тестовых задач: круговое отверстие в центре квадратной однородной пластинки, сжимаемой либо равными (всестороннее нагружение) [1] по модулю силами вдоль осей, перпендикулярных сторонам пластинки, либо различными (негидростатическое нагружение) [2].

Особый интерес представляют задачи, не имеющие аналитического решения, например для случая отверстия в форме эллипса. Возможность проведения расчётов на больших сетках позволяет учитывать сложную геометрию и неоднородности вокруг отверстия, а также получать подробное численное решение.

**Источники и литература**

- 1) Yarushina, Victoria & Podladchikov, Yury. (2010). Plastic yielding as a frequency and amplitude independent mechanism of seismic wave attenuation. *Geophysics*. 75 (3): N51–N63. doi: 10.1190/1.3420734
- 2) Yarushina, Viktoriya & Dabrowski, Marcin & Podladchikov, Yury. (2010). An analytical benchmark with combined pressure and shear loading for elastoplastic numerical models. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 11. doi: 10.1029/2010GC003130.

**Иллюстрации**

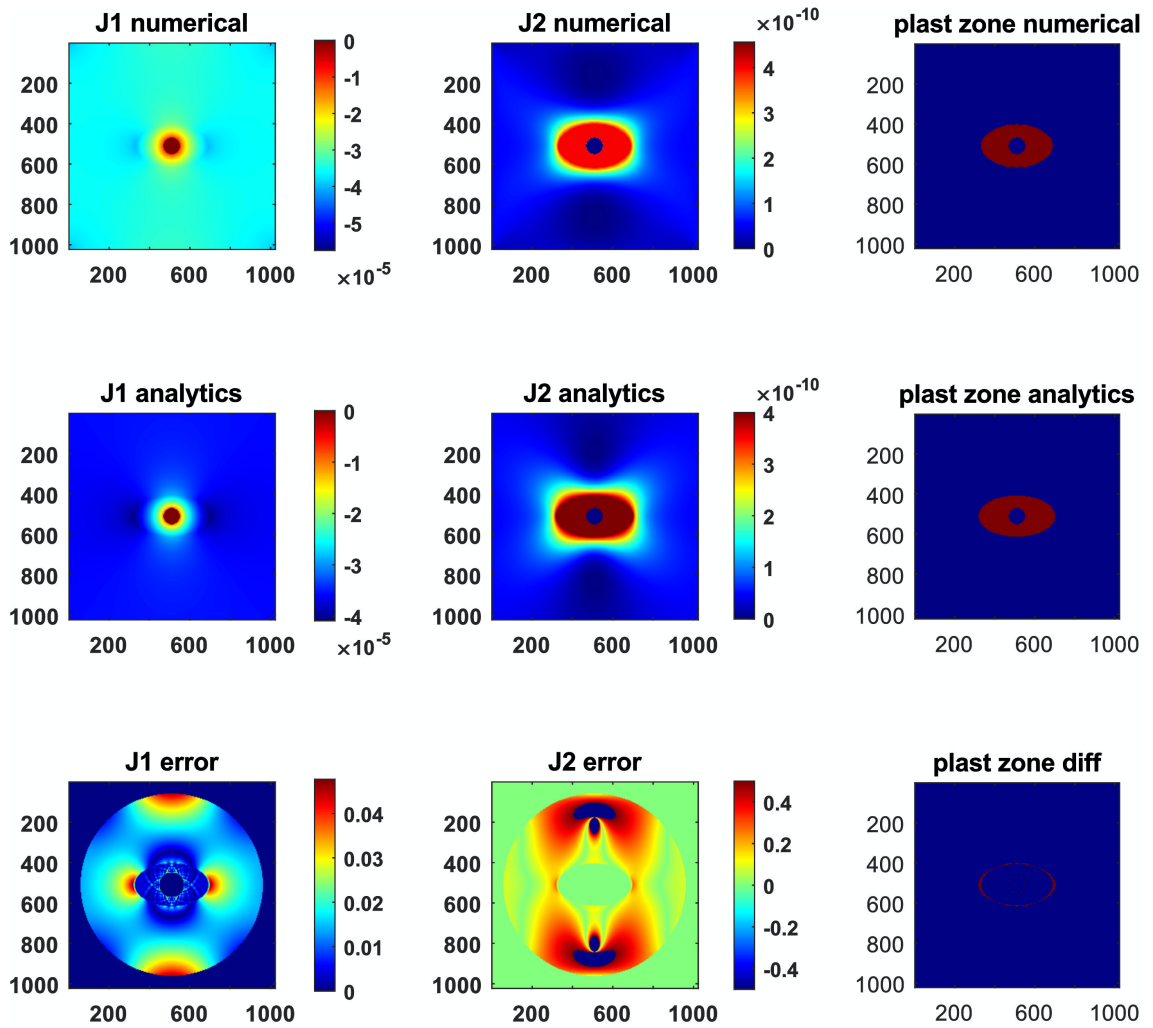


Рис. : Сравнение численных результатов с аналитическим решением для случая негидростатического нагружения. Представлены распределения по сетке первого и второго инварианта тензора напряжений, а также относительная ошибка с аналитическим решением в долях. Последняя, как видно из графиков, имеет значения порядка нескольких процентов в областях, где рассматриваемые величины имеют ненулевые значения, в частности в области интереса исследования в контексте задачи — вблизи отверстия скважины.