

Иерархия моделей распространения трещин под действием закачиваемой жидкости

АВТОРЫ: к.ф.-м.н. Лапин В.Н.

Создана иерархия моделей распространения трещин под действием закачиваемой жидкости. Каждая из моделей иерархии описывает движение жидкости в трещине, деформацию и разрушение материала, скорость и направление распространения. Различия между моделями заключаются в размерностях используемых уравнений: от одномерных до трехмерных. Может применяться для решения прикладных задач в нефтегазовой промышленности, горном деле и т.д.

Наиболее полной в созданной иерархии и в мире является модель, одновременно описывающая трехмерную деформацию материала в области сложной формы, двумерное движение неньютоновской жидкости в трещине процесс распространения фронта на основе нового глобального неявного критерия. Критерий заключается в выборе направления распространения из анализа напряженно-деформированного состояния, в котором находится материал после распространения трещины, в отличие от классических критериев, которые предсказывают направление по состоянию материала до начала распространения. Глобальность предполагает, что учитывается влияние точек фронта трещины друг на друга, и моделируется распространение фронта как единого целого.

Критерий и его валидация представлены в [1]. Валидация проведена на задачах, в которых доминирующее влияние сдвиговых напряжений вызывает поворот и кручение трещины. В таких задачах неявный критерий позволяет получить лучшее согласование с результатами эксперимента, чем другие рассмотренные классические и современные критерии распространения трещин. Это видно из рис. 1, на котором представлена схема задачи о трехточечном изгибе бруса с наклонным пропилом, форма искривленной трещины и распределения угла поворота трещины вдоль ее фронта, полученные по различным критериям и наблюдаемые в эксперименте.

Другие модели иерархии получены внесением дополнительных предположений о форме трещины в постановку задачи. Это позволяет упростить описание основных процессов и снизить требования к вычислительным ресурсам за счет сужения области применимости моделей и адаптации для решения практически важных задач.

Одна из моделей иерархии более низкого уровня и ее верификация представлены в [2]. Она основана на предположении о плоской круговой форме трещины, и применена для описания потерь раствора, использующегося при бурении скважин, в систему естественных трещин в породе. Модель описывает радиальное течение раствора в каждой трещине и деформацию ее берегов под действием давления на основе аналитических решений и утечку раствора в

поруду с помощью эмпирических формул. Вычислительная простота построенной модели позволяет в реальном времени решать обратную задачу уточнения параметров естественных трещин, использующихся при разработке закупоривающих составов, по данным о потерях бурового раствора.

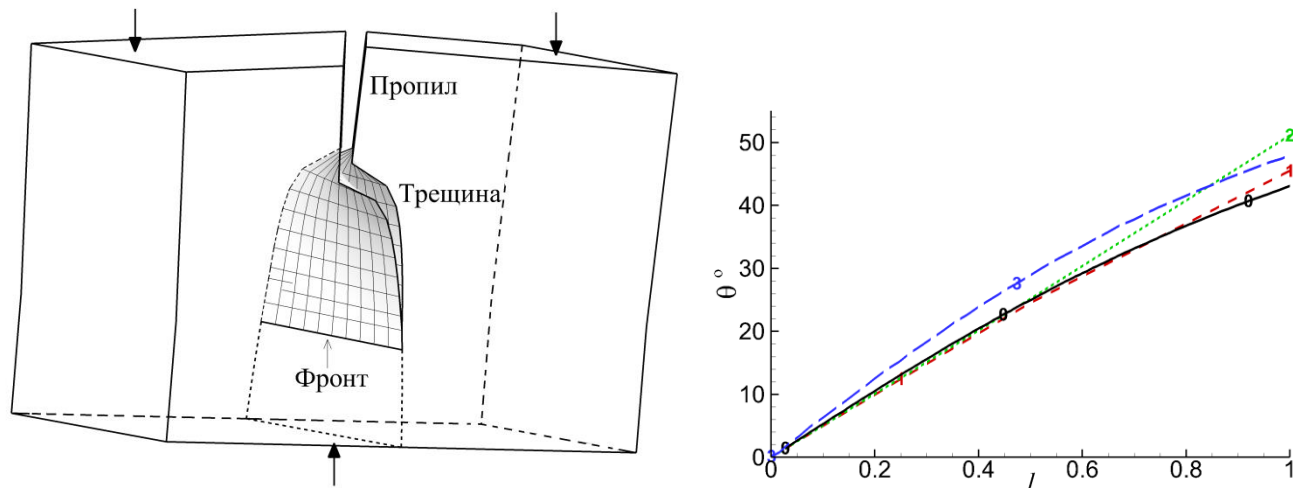


Рис. 1. Изгиб бруса с пропилом и криволинейная трещина (слева); угол поворота трещины вдоль ее фронта (справа): 0 – эксперимент, 1 – глобальный неявный критерий, 2 – классический критерий растягивающих напряжений, 3 – неявный аналитический критерий [Lazarus V. et al., Int. J.Fract. 2008].

ПУБЛИКАЦИИ:

1. Лапин В.Н., Фомина А.А. О глобальном неявном критерии распространения трещин при смешанной нагрузке // Сибирский журнал индустриальной математики, 2019. – Т. 22, № 4(80). – с. 33-43
2. Lapin V.N., Fomina A.A. On the Global Implicit Criterion of a Fracture Propagation Under Mixed Load // Journal of Applied and Industrial Mathematics. 2019. – V. 13, No. 4. – pp. 1-12.
3. Лапин В.Н. Модель потерь бурового раствора в систему трещин в задаче определения параметров трещиновато-пористой среды // Вычислительные технологии. – 2019. – Т. 24, № 4. – с. 38-55.