

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу Ерёмкина Михаила Олеговича “ Моделирование эволюции напряжённо-деформированного состояния нагружаемых геосред и твёрдых тел как нелинейных динамических систем“, (представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 Механика деформируемого твёрдого тела) .

Работа посвящена одному из самых важных разделов механики твёрдого тела, именно, появлению неустойчивых состояний и прогнозу разрушения материалов, обладающих структурой. Она состоит из введения, четырёх глав и заключения, а также содержит список литературы из 123 работ и приложения.

Первая глава посвящена общим вопросам теории нелинейных систем и вводит читателя в специфику процессов пред-разрушения. Обсуждаются вопросы появления процессов динамического хаоса, самоорганизации и структурирования твёрдых тел, а также возникновения режимов обострения, которые непосредственно предшествуют катастрофам. Автор убеждён, что, несмотря на чрезвычайно разнообразие явлений, сопутствующих разрушению, упомянутая выше триада состояний характерна для любых твёрдых тел, и что все рассмотренные в работе примеры подтверждают этот тезис. Проводится основная идея о том, система уравнений движения сплошной среды с весьма сложным уравнением состояния достаточно адекватна реальности. Наличие микроструктуры учитывается с помощью большого числа параметров, получаемых при решении автономных задач малого масштаба.

Во второй главе приводятся уравнения динамики твёрдого тела, которые уже предполагают наличие пластичности, существование больших деформаций и развитую нелинейность. За основу принят метод Уилкинса, основанный на линейном законе приращения напряжений и деформаций, однако, зависящий от текущего состояния, что и определяет нелинейные свойства самой системы. Автор вводит функцию деградации среды, основанную на методах расчёта повреждаемости, и достаточно убедительно обосновывает подбор неизвестных параметров среды опытами на образцах из мягкой стали. Здесь демонстрируется довольно наглядно появление стадии обострения. Вводятся модели пористых структур в виде пересекающихся сферических пор (ПСП) и пересекающихся сферических тел (ПСТ).

Особого внимания заслуживает третья глава, посвящённая прерывистой неустойчивости. В этой главе больше всего результатов и вместе с тем недостаточно исследованных проблем. Очень интересны расчёты диаграмм напряжение-деформация при устойчивом развитии пластичности и в противоположной ситуации. Результат, с одной стороны, почти очевидный, т.е. напряжения в неустойчивом случае понижены, так как всякая флуктуация требует дополнительной энергии, помимо энергии среднего поля. Вместе с тем, столь значительное понижение напряжений кажется просто удивительным. Распределение полос локализованной деформации также понятно, так как строгие линии скольжения осложнены неустойчивостями. Вывод автора о том, что процессы прерывистого течения регулируются мезомасштабными эффектами и никак не зависят от микро-масштабов, представляется достаточно убедительным.

ВХ. № 31016 1237
ПОСТУПИЛ В ТГУ
* ОК * ОГ * 2014

Четвёртая глава посвящена геолого-геофизическим проблемам устойчивости мегаструктур и попыткам прогноза территорий, особо опасных в сейсмическом отношении. Дано обоснование Чуйского землетрясения как результата поворота Чаган-Узунского блока. Делается вывод о том, что график повторяемости землетрясений можно объяснить особым состоянием самоорганизованной критичности.

Замечания к работе.

1. Сама идея сплошности среды в больших объёмах и несплошности её в малых масштабах содержит в себе известные противоречия. Уравнения движения в общем случае содержат силы инерции. Однако они не играют заметной роли в работе. Все постоянные времени таковы, что они исключают действительную динамику. Фактически интегрируются уравнения равновесия в последовательные моменты времени. Вместе с тем, фликер-шум с частотами до 1000 Герц-это самая настоящая, однако, незаконная динамика. Возникает интересный вопрос. Фликер шум-это динамика в малых масштабах при статике в больших объёмах или это нечто иное? В ИНГГ СО РАН было обнаружено, что при медленном деформировании песков скромным давлением 50 атмосфер возникает своеобразное "пение" песков в диапазоне 30-1000Герц, т.е. в том же диапазоне частот, что и в диссертации. Если это статика, то почему возникают звуки? Если динамика, то где продольные и поперечные волны? Как медленные движения, приводящие к ситуации обострения, провоцируют высокочастотные колебания, характерные для быстрых движений? Этот вопрос автор, возможно, решить пока не может, но на него нужно было обратить внимание.

2. Модели пор (ПСП) и (ПСТ) весьма фундаментально отличаются друг от друга знаком кривизны порового пространства. Так называемые кавернозные поры это объекты положительной кривизны, а поры, соответствующие зернистым средам, имеют отрицательную кривизну. Автор этого не замечает, хотя и обращает внимание читателя на разные свойства представленных моделей порового пространства. Вообще, геометрия пор и трещин, это не очень сильная часть диссертации. Это геометрия коллективных свойств, где два образца считаются идентичными, если совпадают их коллективные свойства, при любых различиях индивидуальных особенностей. И таких коллективных свойств четыре, а вовсе не одна лишь пористость, дополненная довольно неопределёнными суждениями о морфологии сложных образований. В частности, появление множества мелких трещин означает мощный рост удельной поверхности трещин, которая тем больше, чем меньше среднее расстояние от трещины до её ближайшей соседки. Среда со структурой, помимо динамики деформирования, включают в себя и чисто геометрические аспекты, на которые многие авторы не обращают внимания.

3. При исследовании трёхточечного изгиба энергия запасается не только в деформациях (первых производных) но и в кривизнах (вторых производных). Появление трещин в центре пластины, т.е. там, где углы наклона минимальны или нулевые, а кривизна (вторая производная) как раз максимальна, говорит, наверное, о более важной роли моментных напряжений и деформаций, чем силовых.

4. Центральная проблема поведения динамической системы, это, по мнению автора, переход в режим обострения. И здесь возникает весьма не простая ситуация. Если режим

обострения есть непосредственный переход к настоящей динамике быстрых движений, то необходимо заметить следующее. В сплошной среде катастрофы развиваются быстро, по крайней мере, со скоростью волны Рэлея, что характерно для упругих тел. Однако, в блочных, гетерогенных средах сами волны Рэлея могут иметь как большие, так и малые скорости. В 2002 году автор этих строк сделал прогноз о возможных процессах медленного испаривания блочных сред, наряду с обычными, быстрыми процессами. И это обстоятельство можно было бы игнорировать, если бы не были обнаружены в последние годы, так называемые медленные землетрясения, очевидно, связанные с медленными процессами испаривания. Это сейчас не просто неоспоримый факт, но и новый раздел сейсмологии. Теоретические прогнозы говорят о том, что на скорость катастроф влияет функция распределения средних размеров блока. Чем выше дисперсия размеров, тем ниже скорость катастрофы. И эти скорости могут отличаться друг от друга в десятки или сотни раз. Конечно, характерные времена подготовки землетрясений много больше и в том, и в другом случае, поэтому, возможно, и следует трактовать их единым образом как процессы обострения. Но всё же это, по-видимому, разные обострения. Не исключено, что сам процесс обострения не так однозначен, как это представлено в работе.

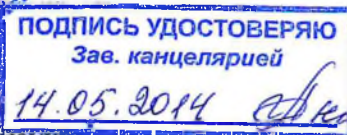
Оценивая работу в целом, следует сказать, что это законченное научное исследование, которое дало правильное понимание стадийности процессов разрушения твёрдых тел, обладающих структурой. Это, безусловно, важный шаг как в идейном отношении, ибо физическая трактовка решений хорошо подтверждается в опытах, так и в практически вычислительном аспекте. Особенно, при сопоставлении численных результатов двумерного и трёхмерного моделирования, где ясно видны масштабы искажений поля, связанные с размерностью пространства. Замечания к работе серьёзные, но это обстоятельство связано с исключительно сложными и острыми проблемами, поставленными в рассмотренном исследовании. Поэтому оппонент считает, что работа соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор вполне заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Д.ф.-м.н. проф.

Сибиряков Б.П.

14. 05.2014

Отзыв составил: Сибиряков Борис Петрович -
главный научный сотрудник лаборатории
многоволновой сейсморазведки



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука
Сибирского Отделения Российской академии наук
630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3,
<http://www.ipgg.sbras.ru/>, 8-(383) 333-29-00, ЕповМИ@ipgg.sbras.ru