

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Александровой Надежды Ивановны

«Нестационарные волновые процессы в блочных и упругих средах с учётом вязкости и внешнего сухого трения», представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела.

Работа посвящена динамике блочных сред в одномерном и двумерном случаях. Главное внимание удалено появлению низкочастотных колебаний большой амплитуды, представляющих, с одной стороны, производственную необходимость разрушения горных массивов и внедрения ударных инструментов в грунт, с другой стороны – сейсмическую опасность подобного рода явлений.

Работа состоит из введения, трёх глав, заключения и списка цитируемой литературы.

В первой главе выполнен анализ отечественных и зарубежных исследований по данной проблеме. Обзор достаточно основательный и эту главу нет надобности подробно анализировать.

В начале второй главы исследуются две одномерные модели блочных сред. Одна составлена из упругих стержней с вязкоупругими прослойками, другая состоит из цепочки масс с пружинами и демпферами. Получены дисперсионные уравнения и теоретические сейсмограммы, соответствующие коротким импульсам.

И здесь возникает ряд замечаний. Прежде всего, жёсткость пружины, использованная в расчётах, никак не связана с параметрами скелета и структурой порового пространства. Поэтому трудно понять, как эту жёсткость можно использовать для решения задач горной механики и геофизики. То же самое относится и к иерархическим структурам, где возникает множество жёсткостей, которые в десятки раз отличаются от той, что была представлена в начале главы и опять-таки никак не связаны с параметрами скелета и структурой пор и трещин.

Во-вторых, автор избегает растущих решений, т.е. параметрических резонансов. Конечно, в дальнейшем используются вязкие элементы, но уравнения с периодическими коэффициентами типа Матье или Хилла всегда содержат параметрические резонансы, и они реально существуют. Кроме того, структура дисперсионных уравнений без учёта вязкости такова, что возникает счётное множество волн, а не две, которые демонстрирует автор. Это обстоятельство требует комментариев. Если волн больше, чем две, то что такое маятниковая волна? А если их только две, то это надо доказать.

Возможно, что при некоторых условиях возникают лишь два цуга колебаний. Однако, есть сомнение в том, что такая форма записи единственна возможная. В рассматриваемой главе несомненным достижением являются расчёты точных и асимптотических сейсмограмм, где

основная энергия сосредоточена в низкочастотной области. Это сравнительно новая область теории катастроф, которые начинаются очень плавными возмущениями. Но асимптотики сосредоточены в окрестности фронта, $x = c_1 t$, в то время как энергия переносится и с другими скоростями. Тем самым, асимптотические решения, полученные ранее, представляются совершенно недостаточными. В этом отношении точные решения автора есть несомненный успех.

Сосредотачивая своё внимание на периодических структурах, автор, видимо, не отдаёт себе отчёта в том, что всякая периодическая структура создаёт анизотропные макроскопические тела. Это касается и одномерных сред, и, особенно, двумерных моделей, которые являются двумерными аналогами кубически анизотропного тела. Нет ничего удивительного в том, что диагональные направления отличаются от ортогональных направлений двумерной сетки. Удивительно то, что низкочастотные волны этой анизотропии не чувствуют. Странный результат, ибо в статике, при нулевых частотах, анизотропия никуда не исчезает. Этот вывод надо было бы объяснить подробнее. Возникает либо некоторое обобщение модели анизотропного тела, либо невозможность моделирования плоских аналогов сплошных анизотропных тел с помощью цепочек с сосредоточенными массами. Вообще, слово анизотропия в работе употребляется в самом общем смысле без какого-либо серьёзного анализа. Оппонент имеет в виду индикатрисы как нормальные, так и лучевые, т.е. индикатрисы групповых скоростей. Это могло бы внести большую ясность в, несомненно, интересную проблему. Касательные воздействия, заданные на поверхности одномерных и двумерных тел, могли бы дать ценную информацию принципиального характера относительно адекватности микронеоднородных сред и их моделей в виде дискретных цепочек. Однако, этот вопрос в диссертации не обсуждается. Вместе с тем, надо отметить новые асимптотические представления функций Ломмеля, как и других функций Бесселя большого аргумента и большого номера. Эти результаты новы и интересны. Сравнение данных теории и опыта при взрыве на границе полупространства следовало бы пояснить. Вывод автора об отсутствии двух цугов волн в полупространстве, при наличии их в безграничном пространстве очень любопытен. Об этом косвенно говорят эксперименты со взрывами на рис. 2.2.19. Однако, заметного расхождения в анизотропных свойствах пространства и полупространства, по крайней мере для сейсмических волн, не наблюдается. Теоретически установленная автором дисперсия скорости волн Рэлея не исследована до конца. Непонятно, могут ли волны Рэлея двигаться как угодно медленно, что соответствует исключительно низким скоростям вспарывания среды, или нет. Во всяком случае так называемые медленные землетрясения, тесно связанные с упомянутым обстоятельством, сегодня не только экспериментальный факт, но и раздел современной сейсмологии.

Оценивая вторую главу, можно констатировать большое число решённых достаточно важных задач, внутренне связанных с общей линии работы. Об этом говорит необычно много заключений к каждой отдельной под-теме. Лучше бы их было одно или два. Автор проделал исключительно большую и полезную работу для обоснования возможностей моделирования микронеоднородных сред элементарными цепочками. Тем не менее, вопрос не закрыт и не снят с повестки дня. Не удивительно, так как этот аспект моделирования не только сложен, но и исключительно широк в содержательном отношении.

Третья глава посвящена важной проблеме движения трубы в грунте под действием внешней нагрузки. Само представление силы трения как силы, пропорциональной скорости перемещений с учётом знака последней, приводит к нелинейной задаче даже при малых воздействиях. Практическое значение задач такого типа исключительно велико. В работе получены теоретические решения различных модификаций этой задачи, которые приводят к разным перемещениям движущегося пробойника, моделируемого трубой. Главный же результат достаточно простой и естественный. Именно, длительные импульсы гораздо эффективнее коротких при прочих равных условиях. Грубо говоря, выстрел пулей вдоль оси пробойника гораздо менее эффективен, чем медленный удар тяжёлого копра. Следует отметить трудолюбие и большую работу автора в расчётах многочисленных деталей этой, казалось бы, довольно простой проблемы.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Оценивая работу в целом, оппонент считает, что она является завершенным научным исследованием, продвигающим вперёд большую проблему динамики блочных сред, которые удаётся моделировать системой цепочек с сосредоточенными параметрами. Получены новые важные результаты, касающиеся, главным образом, не коротких сигналов, энергия которых заключена в окрестности фронта волны, а достаточно длинных сигналов (иногда опасных, иногда полезных), фронт которых не всегда можно установить. Это особый вид катастроф, которые начинаются с плавных, слабых возмущений.

Замечания оппонента серьёзны, но общая оценка работы, безусловно, положительная. Диссертация соответствует требованиям пп. 9, 10 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени доктора наук, а ее автор Александрова Надежда Ивановна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Оппонент согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

Г.н.с. лаборатории многоволновой сейсморазведки
Института Нефтегазовой Геологии и Геофизики СО РАН,
д.ф.-м.н., профессор



Сибиряков Борис Петрович.

630090 Новосибирск, пр. акад. Коптюга, 3
Тел. +7(383)330-90-02
e-mail: SibiryakovBP@ipgg.sbras.ru

16 ноября 2015



Подпись Сибирякова Б.П. заверяю

Ученый секретарь ИНГГ СО РАН



А.М. Санчая