

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Беляк Ольги Александровны
«Закономерности напряженно-деформированного состояния гетерогенных
сред с внутренней структурой с учетом фрикционного взаимодействия»,
представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

На первый взгляд, достаточно громоздкое название диссертации указывает на характер работы, тесно связанной, в первую очередь, с классическими трибологическими исследованиями. Именно: эксперимент, опытные результаты, представленные в виде таблиц, статистические данные, попытки связать их в виде ряда полуэмпирических формул и т.д. Обычно вполне приличные исследования, особенно если это новые материалы, исследования, имеющие важные практические приложения. Но в процессе чтения диссертации понимаешь, что такое мнение весьма ошибочное, а сама работа Беляк О.А. – это глубокое междисциплинарное исследование, в котором представлены впервые некоторые результаты по ряду самостоятельных направлений физики и химии, конечно Механики деформируемого твердого тела, включая не только аналитические решения, но и интересные вычислительные приемы.

При чтении работы складывается впечатление, что автор своей диссертацией указывает на то, что классическое трибологическое исследование уходит в прошлое, и сегодня экспериментальные исследования новых материалов тесно связаны с математическим моделированием их поведения под нагрузкой, определения уравнения состояния, решением, с

параллельно разрабатываемым программным комплексом, непосредственно самих уравнений, и лишь после этого – анализа полученных результатов и заключения.

Сказанное выше заставляет оппонента, изучая диссертацию, пройти и оценить вместе с автором все этапы исследований и диагностирования новых гетерогенных композиционных материалов, и при этом оценить, как новизну исследований, так и квалификацию самого автора.

Прекрасное изложение современного состояния исследований нанокompозитов и возможности определения их параметров предшествует в диссертации подробному описанию экспериментов по изучению физико-механических свойств антифрикционных нанокompозитов на основе полимерной матрицы. Следует заметить, что исключительное подробное описание необходимого состава нового материала, основных свойств и условий совместимости компонент, указывают на незаурядные знания автора диссертации в области химии строения вещества.

Заметим, что, безусловно, первая глава выполнена не в одиночку, а совместно со специалистами, но изложение и осмысление результатов – это достояние автора. Вообще можно эту указанную выше часть материала и главу 2 диссертации рекомендовать для оформления в отдельное учебное пособие.

Следующий шаг, который предстоит сделать оппоненту – это, получив новый композиционный материал, перейти к определению его параметров. В работе предлагается метод наноиндентирования. Автор диссертации остается верен себе. Прежде всего читаешь весьма подробное изложение самого метода наноиндентирования, прибора с его программным комплексом, определение модуля упругости, микротвердости с последующим описанием методики нахождения коэффициента Пуассона на разрывной машине. Все это изложено подробно и с большим количеством ссылок на источники.

Большое внимание Беляк О.А. уделяет роли включений, их формы, концентрации на главные характеристики композиционных материалов, работающих в условиях фрикционного воздействия. Хочется отметить

высокий профессионализм и математическую культуру автора в своих выкладках и постановках задач.

Определив компоненты тензора Эшелби, Беляк О.А. решает важный вопрос о влиянии формы включений и структуры пор на «скелет» сухой пористой среды. Тем самым автор готовит математическую модель для подробного анализа динамического поведения гетерогенных материалов при контактном взаимодействии. Эта часть работы, так складывается впечатление при ее чтении, является безусловно «коньком» Беляк О.А. Динамические задачи, посвященные особенностям контактного взаимодействия сплошной среды, занимающей полупространство, либо полосу гетерогенного полупространства – это «kozyри» Южной Школы Механиков, основатели которой, как мы помним, это Ворович И.И., Бабешко В.А. Можно было бы вспомнить большое число их учеников и последователей, создавших методы решения нового класса интегральных уравнений. Конечно, Беляк А.О. может быть отнесена к этим ученикам, но столь подробного изложения и выкладок по выводу интегральных уравнений и ряда методов их решения можно было бы избежать, уделив внимание больше физическому анализу результатов решения задач. Действительно, весь класс задач этой части диссертации – это анализ поверхностных волн (волн на верхней границе полосы, либо полупространства), вызванных контактным взаимодействием штампа, либо внешней нагрузкой. Вызывает вопрос о выборе частотного спектра воздействия. Очевидно, это надо делать, определив граничные (или частоты отсечек, или частоты запирания) частоты, что важно для полосы. При этом наличие верхнего покрытия, того самого из «пористого скелета», заполненного жидкостью, может приводить к явлению акустического демпфирования на собственных – парциальных – частотах. Далее, понимая из литературы, что поверхностная волна – это волна, убывающая вглубь материала (типа волны Рэлея), для полосы выгодно создать без узловую моду поперечных колебаний. В этом случае на поверхности полосы будут наибольшие смещения. К этому комментарию – замечаниям хочется добавить,

что определение нулей-полюсов – важно, потому что можно по частоте ω найти фазовые скорости и их не надо путать со скоростями, которые использует автор в своей работе.

Те рисунки, показывающие влияние полостей, можно было бы прокомментировать более «научно», не ограничиваясь словами «как видно из градиентов, влияние полостей очевидно». Представляется, что наличие искажения в распределение смещений на поверхности связано с изменением поперечной моды колебаний в полосе с полостями. Тем не менее, полученный в работе результат – новый, а предложенный метод решения безусловно очень важен для практического использования.

Следует выделить и отметить впервые предложенный ряд задач о движении штампов различной формы контакта с поверхностью с учетом трения и поперечной вибрации. Автор подтвердил давно известное физическое явление о влиянии вибрации на трение скольжения. Этот эффект встречается в различных ситуациях, а Беляк О.А. показала его присутствие в задачах по движению тел по гетерогенным материалам и установила зависимость от его параметров.

Хочется особо отметить заслугу автора в ряде предложенных математических моделей. Их дальнейший анализ и решение при некоторых модификациях может быть очень полезным при практических трибологических исследованиях.

Также очень важно наличие в работе созданных автором программных комплексов. Работоспособность последних проверена в диссертации, численные результаты хорошо совпадают с аналитическими решениями эталонных задач. В этом случае использование таких программ на практике весьма ценно.

Подводя итог рассмотрения диссертации Беляк О.А., прежде всего можно сказать, что работа и все результаты полностью соответствуют паспорту специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке новых аналитических и численных методов решения задач о динамическом контактном взаимодействии гетерогенных материалов с внешними источниками, а также о влиянии внутренних дефектов на напряженное деформированное состояние в области контакта.

Практическая значимость работы состоит в разработке единого подхода и методов определения параметров новых композиционных материалов с последующим определением эффективных модулей упругости и коэффициента трения с учетом волновых процессов в области контакта; в разработке методов диагностики этих материалов и создание программных комплексов для определения необходимых измеряемых параметров.

Все основные результаты диссертации опубликованы в высокорейтинговых журналах. Работа прошла широкую апробацию – результаты многократно представлялись на конференциях.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации.

По данной диссертационной работе имеются следующие замечания и рекомендации:

1. Несмотря на обилие экспериментального материала, к автору возникает ряд вопросов. Именно, каково поведение модуля Юнга в зависимости от глубины проникновения индентора? В частности, какова особенность его поведения вблизи поверхности? Для металлов весьма высоко влияние поверхностной энергии, что приводит к экспоненциальному спаду его значения в глубину. А как для нового композиционного материала? Интересно сравнить, с одной стороны материал «чистого фенилона», с другой, с наноразмерными добавками.

2. Из чего следует, что изменение площади петли гистерезиса связано с формированием межфазных областей? Очевидно, автор полагает, что вся диссипация энергии связана с образованием этих фаз, в то же время уже

исходный материал типично вязкоупругий и оценка доли «потерянной энергии на образовании новой фазы с классической диссипацией требует своего сравнения, хотя это весьма трудоёмкое дело.

3. Интересные задачи у автора остаются без должного анализа. К примеру, стр.160 приведено подробное решение задачи о среде Био при внешнем воздействии, показаны трансформанты Фурье нормальных перемещений на поверхности полосы, а сами перемещения, как они зависят от пористости, жидкого наполнения – отсутствуют. А ведь для прикладных исследований важен вывод, хотя бы в первом приближении.

4. Вызывает вопрос о выборе частотного спектра воздействия. Очевидно, это надо делать, определив граничные (или частоты отсечек, или частоты запираения) частоты, что важно для полосы. При этом наличие верхнего покрытия, того самого из «пористого скелета», заполненного жидкостью, может приводить к явлению акустического демпфирования на собственных – парциальных – частотах.

5. Рисунки в главе 5, показывающие влияние полостей, можно было бы прокомментировать более «научно», не ограничиваясь словами «как видно из градиентов, влияние полостей очевидно».

Заключение. Сделанные по ходу рассмотрения работы комментарии и замечания никак не влияют на положительное отношение к работе, которая, безусловно, является образцом математической строгости и отличается от многих других диссертаций широтой охвата и глубиной инженерного понимания решаемых проблем.

Таким образом, диссертация «Закономерности напряженно-деформированного состояния гетерогенных сред с внутренней структурой с учетом фрикционного взаимодействия» соответствует всем требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.,

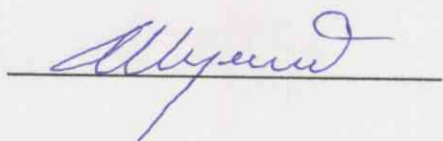
предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор, Беляк Ольга Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

«25» марта 2022 г.

Я, Д.А. Индейцев, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук (специальность 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела), профессор, Научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук



Индейцев Дмитрий Анатольевич



Служебный адрес:

199178, Россия, Санкт-Петербург, В.О., Большой пр.,61

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем машиноведения Российской академии наук» (ИПМаш РАН)

E-mail: Dmitry.indeitsev@gmail.com

Тел: +7(812) 321-47-72