

Отзыв на автореферат

диссертации Биллер Анастасии Михайловны

«Мезоскопические модели для механики магнитореологических полимеров»,
представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела

Уже широкое и всё нарастающее использование смарт-материалов ставит перед фундаментальной наукой ряд важных вопросов, в частности, необходимость давать полезные для практического применения предсказания. И хотя фундаментального ресурса современной науки, определённо, хватает на то, чтобы корректно и полно сформулировать необходимые проблемы, однако, получение и анализ решений оказывается не тривиальной задачей. В том числе, потому что невозможно обойтись знаниями только из одной классической отрасли, здесь принципиально необходим междисциплинарный подход.

К числу таких направлений относится и то, которому посвящена диссертация А. М. Биллер. Тему исследования можно определить как фундаментальное материаловедение, то есть, развитие науки о свойствах и поведении магнитореологических полимеров (МРП) – композитных систем, представляющих собой высокоэластичные матрицы, наполненные микродисперсными ферромагнетиками.

Основным преимуществом МРП является их уникальная механика – возможность в широких пределах изменять форму и упругие свойства за счёт приложения магнитного поля, причём это воздействие не требует прямого контакта с образцом. Именно магнитомеханика МРП лежит в основе их многочисленных новаторских практических применений. И хотя схемы адаптивных демпферов, манипуляторов и т.д. предполагают использование элементов из МРП макроскопического размера, очевидно, что отклик материала на внешнее магнитное поле определяет взаимодействие между частицами наполнителя и матрицей на мезоструктурном уровне.

Для мезоскопики МРП характерный пространственный масштаб составляет единицы/десятки микрон. Это область структурной механики хороша тем, что микрочастицы ферромагнетика можно рассматривать как протяжённые крупные объекты, но при этом считать просто «кусками» твёрдого тела, пренебрегая дискретностью атомного строения и любыми квантовыми эффектами. Полимерную матрицу на этих масштабах также вполне корректно описывать в континуальном приближении, поскольку размеры макромолекулярных клубков на два-три порядка ниже диапазона, куда попадают размеры частиц или межчастичные расстояния.

Именно таков общий контекст работы А. М. Биллер. В обзорной части диссертации она подробно представила современное состояние отрасли механики композитных магнитоуправляемых материалов и обосновала актуальность своего исследования. Видно, что направление сформировалось недавно, но сейчас подхвачено в ведущих лабораториях многих стран.

Выбранный подход представлен в первых двух главах. Модельным структурным элементом МРП служит пара частиц магнитомягкого ферромагнетика, погруженных в высокоэластическую матрицу. Взаимодействие частиц внутри элемента рассматривается в два этапа: первый – расчёт магнитных межчастичных сил (глава 1), второй – вычисление упругого сопротивления матрицы, вызванного перемещением частиц (глава 2). Аналитическое решение (его применимость ограничена) комбинируется автором с численным, а затем с опорой на собранный массив данных построены компактные интер- и экстраполяционные формулы. В итоге, искомым функциям, таким как энергия пары, межчастичные силы, возвращается квазианалитический вид удобный для исследования и использования.

В третьей главе полученные результаты объединены в собственно магнитомеханическую модель элемента МРП и рассматриваются особенности его поведения. Главное здесь то, что автору удалось прояснить суть механизма возникновения т.н. внутренней магнитострикции материала, под которой понимают любые формо- или структурные изменения, возникающие в композите под действием однородного магнитного поля. А.М.Биллер показала, что конкуренция между силами притяжения частиц из магнитомягкого ферромагнетика, вызванного намагничиванием внешним магнитным полем, и упругим сопротивлением эластомерной матрицы порождает бистабильность пары. Следствием этого является гистерезисный характер изменения межчастичного расстояния, а именно скачкообразное возникновение или распад кластера.

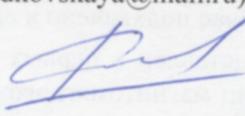
А.М.Биллер детально рассмотрела гистерезисное поведение пар частиц с линейной (парамагнетик) и с нелинейной (ферромагнетик с насыщением) магнитной поляризацией. В последнем случае, в определённой конечной области материальных параметров наряду с гистерезисной деформацией пары, вызванной только изменением магнитного поля, предсказано существование ещё и своеобразного «латентного» гистерезиса, условия для которого (бистабильность пары) созданы намагничиванием, но который может реализоваться только при добавлении к магнитному воздействию ещё какой-либо силы уже немагнитной природы.

Диссертация заканчивается обсуждением тех следствий, к которым должен приводить обнаруженный эффект скачкообразного образования кластеров в многочастичных образцах. Количество результатов по этой части, к сожалению, нет. Но вряд ли стоит ставить это в упрек диссертанту. Такая задача – это, скорее, предмет докторской работы. В то же время, качественное обсуждение имеется и оно представляется, на мой взгляд, убедительным. В частности, хотя и другими словами, сделан вывод, что множественные мезоскопические гистерезисы должны порождаться при деформации и намагничивании МРП своеобразный баркгаузеновский шум. Жаль, что диссертант не проделала несколько простых оценок, которые позволили бы получить представление о порядке величины характерных скачков («зазубрин») на зависимости деформации от приложенного поля. Такие оценки возможны и для кривых намагничивания МРП, о которых, правда, в диссертации нет ни слова. Высказанные замечания, однако, не влияют на научную ценность проделанной работы.

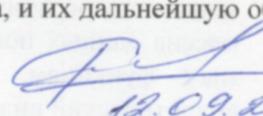
Выставляя оценку диссертации А. М. Биллер в целом, я могу с уверенностью констатировать, что эта работа – законченное исследование, обладающее как научной ценностью, так и представляющее значимый практический интерес. Результаты широко опубликованы в виде статей и докладов, кратко, но ясно изложены в автореферате. Хочу подчеркнуть отдельно, что работа А. М. Биллер – это одно из редких пока исследований по фундаментальной мезомеханике магнитореологических полимеров, ее результаты, по описания магнитомеханического гистерезиса в этих системах определенно приоритетны.

Резюме: работа удовлетворяет всем научно-квалификационным требованиям, которые ВАК РФ предъявляет к кандидатским диссертациям, а её автор, Анастасия Михайловна Биллер, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.02.04–механика деформируемого твёрдого тела.

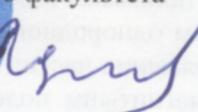
Доцент кафедры магнетизма Физического факультета
Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
(119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В.Ломоносова, Дом 1, строение 2, Физический Факультет; тел. +7(495) 939-3160; WEB-page: <http://phys.msu.ru>)
кандидат физико-математических наук доцент
(тел.: +7(495) 939-2435; e-mail: a_radvovskaya@mail.ru)
Радковская Анна Александровна


12.09.2016

"Я, Радковская Анна Александровна, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку."


12.09.2016

Ученый секретарь Ученого Совета Физического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова,
профессор



Караев В.А.