

ФАНО РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПМаш РАН)



В.О., Большой проспект, д.61, Санкт-Петербург, 199178
Тел.: (812)-321-4778; факс: (812)-321-4771; www.ipme.ru

ОГРН 1037800003560, ИНН/КПП 7801037069/780101001

“УТВЕРЖДАЮ»
Директор, д.ф.-м.н.

А.К. Беляев

«20» 04 2018 г.

Отзыв ведущей организации на диссертацию Рымкевича Павла Павловича
«Разработка научных основ и методов прогнозирования термовязкоупругих
свойств материалов текстильной и легкой промышленности»,
Представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 05.19.01 – Материаловедение производств текстильной и легкой
промышленности.

Диссертация Рымкевича П.П. посвящена изучению исключительно актуальной проблемы механики деформируемого твердого тела с одной стороны, а с другой, не менее важной проблеме практического использования решения этой проблемы для построения принципиально новой модели поведения полимерных нитей в условиях ползучести и релаксации напряжений.

Речь идет о поведении материалов, имеющих возможность структурных превращений. В этом случае, как принято в механике говорить, необходим учет внутренних степеней свободы, и как результат классическое представление в рамках механики сплошной среды несправедливо.

Проблема, конечно, не нова. Материалы с памятью формы, «умные» материалы и т.д. – все они в той или иной форме исследовались многими известными учеными, о которых в достаточном много и очень подробно диссертант изложил во введении.

Дополнение определяющих соотношений неизвестными параметрами (по сути новых обобщенных координат) и замыкание основных балансовых уравнений необходимыми кинетическими соотношениями, приводит обычно к очень сложным нелинейным уравнениям. Решение их, сопоставление с экспериментами, необходимы для определения неизвестных параметров и т.д. – все это исключительно сложные и «громоздкие» задачи, решение которых содержит серьезную проблему учета внутренних временных масштабов.

Дело в том, что во многих случаях смена одного состояния на другое внутри материала (смена фаз – можно и так), произойдет очень быстро («прыжковая» диффузия). Этот термин взят из статьи известного физика Motta N.F. Регистрация в эксперименте этого феномена очень сложна, но еще большую проблему вызывает попытка описания самого влияния перестройки на некоторые макропараметры материала. Таким образом, и

с автором трудно не согласится, регистрация и описание процессов перестройки структуры материала на базе известных моделей на сегодня крайне не эффективна!

Рымкевич П.П. заостряет на этом внимание и ставит во главу угла описание хотя бы простейшего вида напряженного состояния, которое приводит к перестройке в синтетических полимерных нитях.

Обзор литературы о поведении последних и в динамике, и в статике очень наглядно приведен в диссертации.

Автор констатирует, что в общем случае математическое моделирование сводится к решению нелинейных интегральных уравнений, решение и анализ которых в сопоставлении с опытом вызывает большие трудности.

Это естественно, т.к. из сложных молекулярных процессов, сопровождающих процесс деформирования, весьма трудно выделить главные, определяющие микрокинетику поведения структуры. Именно они определяют локальные и быстрые деформации, сопровождающиеся разрывом или сменой молекулярных связей. Конечно же решение нелинейных уравнений вида Фреше-Вольтера с целью выделения новых устойчивых форм состояния – это колоссальная математическая проблема теории бифуркаций.

Автор разумно полагает, что, по крайней мере для одноосного напряженного состояния, подобные трудности можно преодолеть, если выделить отдельно конформационную составляющую деформаций (квант деформации, ее «порцию», ответственную за «разовую» перестройку структуры). В механике такой реологический элемент хорошо известен – это «ферма» Мизеса. Именно она определяет возможность существования одного из 2х возможных совпадений. Автору крайне важно, что временной интервал перехода из одного состояния в другое мал (скачок), но сам скачок, или же их серия влияют на общую деформацию.

Условия перехода подчиняются статистике Больцмана.

Для механиков естественней увидеть в этом приеме нечто похожее. И оно есть. К примеру, мы часто используем многокомпонентные модели для описания сред с изменяющейся структурой. В этом случае можно принять, что число элементов, которое можно назвать кластерами – N , при этом N_1 – число кластеров с энергией U_1 , а N_2 – с энергией U_2 .

Кинетическое уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial N_i}{\partial t} + \nabla \cdot (N_i \underline{V}_i) = J_{ij}, \quad i = 1, 2 \quad j = 1, 2$$

Дивергентная часть связана с полем деформаций, то что автор не рассматривает и источниками $J_1 = -J_2$ – определяют переходы из одного состояния в другое, в том числе их можно определить и по статике Больцмана.

При этом уравнения состояния для случаев 1 и 2 пишутся отдельно. Задача в общем случае очень громоздкая и требует большого труда, чтобы выделить главные составляющие процесса деформирования.

Таким образом, Рымкевич П.П., выводит определяющее уравнение при определенных предположениях, которые достаточно эффективно описывает влияние конформационной составляющей деформации на основные параметры напряженного состояния (σ , ϵ).

Уравнения (2.12) и (2.15) дают достаточно полное детальное описание термовязкоупругости полимерных текстильных материалов. Уравнения носят сугубо локальный характер и «приспособлены» для описания весьма медленных макропроцессов деформирования, без учета влияния краевых условий. Последнее, в некоторой степени, не

позволяет распространить результаты исследования на более широкий диапазон возможных повреждений полимерной нити. Тем не менее, уравнение 2.15 очень удачно своим быстропротекающим временным процессом вписывается в общую кинетику медленного нагружения. На наш взгляд, это безусловная заслуга автора.

Рымкевич П.П., анализируя уравнения, отмечает, что последние являются интегральными характеристиками в гетерогенных средах, поэтому от микроскопических величин, определяемых в полученных уравнениях, необходимо перейти к усредненным параметрам. Автор далее развивает новый метод усреднения, основанный на свойствах нормального распределения Гауса.

Далее, диссертант приступает к реализации самой главной части своих планов исследования: формулировка и решение задачи прогнозирования поведения материалов на основе текстильной ткани.

В основу, по его мнению, должна лечь известная проблема идентификации «черного ящика» в теории управления. Достаточно подробно и убедительно выглядит схема исследования от приближенного решения уравнения (2.12) к проведению необходимых экспериментов. Схема действительно не нова, но главное это исходное определяющее уравнение. Необходимо отметить, что весьма нетрадиционная модель деформирования дала неплохое совпадение с известными методами экспериментальных исследований (метод Нормированного арктического логарифма приведенного времени). В первую очередь это касается времен запаздывания в барьерной теории автора и времени запаздывания в известных методиках. Хорошее совпадение зависимостей экспериментальных и теоретических для разных материалов указывает на надежность построенной физической модели.

Очень удачной на наш взгляд является установленная связь между моделью с различными конформационными элементами с принципом наследственности Больцмана. Здесь Рымкевич П.П. демонстрирует глубокое понимание физических процессов, происходящих в материалах и «замаскированных», зачастую, в интегральных операторах классических теорий. Предложенная модель для простейших видов нагружения безусловно находится в выигрышном положении относительно известных.

Безусловной заслугой автора хочется отметить известную задачу о возможных колебаниях с биениями груза, подвешенного на полимерной нити. Причиной, на которую указывает автор является колебательная релаксация с низкими частотами. При этом важно, что внешняя частота может совпасть с собственной релаксационной модой колебаний.

Итак, главный научный результат, - это создание достаточно «простой», с точки зрения формальной записи, но очень конкретной ввиду явного содержания внутренней степени свободы (конформационная деформация), которая на своем временном масштабе времени «жизни» существенно влияет на другую степень свободы (макродеформация), «живущую» на макро-временном уровне.

Параметры, определяющие эти связанные состояния и, в общем случае являющиеся случайными, автор, по своей методике усреднения, определяет из классических экспериментов.

Следует отметить, что в работе имеются весьма интересные и оригинальные идеи по построению теории переноса, а также привлекают внимание абсолютно новое представление о физико-механическом, можно добавить и кванто-механическом поведении материалов с изменяющейся структурой.

Некоторая часть диссертации, на наш взгляд выходит за рамки решаемой проблемы.

Безусловной заслугой автора следует считать результаты теоретических исследований, доведенные до инженерного применения.

Замечания по диссертационной работе в целом

1. Часть диссертационной работы (это касается, в основном, третьей и четвертой главы) выходит за рамки решаемой проблемы.
2. Решения предложенных диссертантом определяющих уравнений получены не для всех рассматриваемых в диссертационной работе режимов деформирования. Целесообразно было бы провести сравнительный анализ термовязкоупругого поведения рассмотренных моделей.
3. Желательно воспользоваться методами современного численного компьютерного моделирования для анализа решений задач, не поддающихся аналитическому решению.

Отмеченные недостатки не снижают качество исследования, являются частными и не влияют на общую положительную оценку содержания диссертации, ее научно-технической новизны и практической значимости.

Заключение

Диссертация хорошо оформлена и выполнена на высоком научном уровне. Результаты исследований иллюстрированы многочисленными таблицами и графиками. Автореферат составлен по установленной форме и полностью отражает содержание диссертации. Убедительно сформулированы актуальность, цель, задачи исследования, научная новизна и практическая значимость.

Диссертация соответствует области исследования: 1 - Строение, свойства и показатели качества натуральных и химических волокон, нитей и полупродуктов прядения, ткачества и отделки, 3 - Строение, свойства и показатели качества сырья, полупродуктов и готовых швейных изделий, 8 - Методы проектирования и прогнозирования свойств и показателей качества материалов и изделий текстильной и легкой промышленности, 9 - Методы оптимизации параметров структуры и свойств материалов и изделий текстильной и легкой промышленности - паспорта научной специальности 05.19.01 - Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности.

Диссертационная работа Рымкевича Павла Павловича на тему: "Разработка научных основ и методов прогнозирования термовязкоупругих свойств полимерных материалов текстильной и легкой промышленности" по актуальности, научной новизне и практической значимости полностью соответствует требованиям п. 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней" ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, так как является законченной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований решена крупная научная проблема в области разработки теоретических положений и методов прогнозирования термовязкоупругих свойств полимерных материалов текстильной и легкой промышленности, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

Автор работы, **Рымкевич Павел Павлович**, безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.19.01 - Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности.

Научный руководитель **ИПМаш РАН**,
Чл.-корр. РАН, профессор



Дмитрий Анатольевич Индейцев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем машиноведения Российской Академии наук
199178, Санкт-Петербург, В.О., Большой пр., 61
ipmash.ran@gmail.com
+7(812)321-47-78