

ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Улыбышев С.К., студ., Богатырева М.С., к.т.н., доц.

*Костромской государственной технологической университет,
г. Кострома, Российская Федерация*

Реферат. В статье рассматриваются математические модели с применением наследственной нелинейной теории вязкоупругости и прогнозирования нелинейной вязкоупругости текстильных материалов на основе экспериментальных измерений.

Ключевые слова: вязкоупругость, релаксация, ядро, деформация, анализ, математическая модель.

Развитие текстильной промышленности и ее сырьевой базы достигло такого уровня, при котором возникла необходимость прогнозирования свойств и качества выпускаемой продукции по параметрам исходного материала. Причем внедрение систем автоматизированного проектирования для поиска оптимального варианта протекания технологического процесса или для управления процессом производства потребовало аналитического или имитационного описания напряженного состояния перерабатываемого продукта. Такое описание возможно только на основе теоретического представления как отдельных свойств материала, так и их совокупности [1].

В настоящее время проведены многочисленные исследования вязкоупругих свойств текстильных материалов. Однако разнообразие материалов требует разработки новых методов исследования их деформационных свойств. Изготовление различных материалов на основе текстильного сырья оказывает существенное влияние на их вязкоупругие свойства, что обосновывает разработку новых математических моделей, с применением компьютерных методов обработки экспериментальных результатов, позволяющих создание новых методов анализа механических свойств и более достоверно прогнозировать деформационные процессы. Установлено, что совершенствование методов анализа и обработки экспериментальных результатов на основе математического моделирования позволяет моделировать в лабораторных условиях воздействия, испытываемые материалами при их переработке и в процессе эксплуатации. Такие сложные явления, как релаксационные, можно описать при помощи метода моделирования [2]. Правильный выбор модели позволяет глубже изучить закономерности деформации текстильных материалов и предсказать их поведения при определенных условиях эксплуатации. Модельный метод изучения релаксационных процессов в полимерных материалах можно применять и к текстильным материалам, однако на данный момент этот метод находится на начальном этапе. Проведенные исследования механических свойств текстильных материалов и изделий из них требует разработку математических моделей деформационных свойств на основе простых релаксационных функций. При этом необходимо минимизировать количество параметров математической модели и их адекватность. Пожалуй, наиболее важным является выбор интегральных ядер из существующего множества.

Преимущества того или иного ядра зависят от физических свойств материала и вида решаемой задачи. Наиболее приемлемыми являются ядра Абея, Работнова, Ржаницына, Колтунова[3], однако указанные типы ядер обладают линейными свойствами. Основные требования при динамических расчетах для текстильных материалов приводит к необходимости учета нелинейных свойств. Так как с ростом напряжений почти для всех текстильных материалов наблюдается отклонение от линейной теории наследственности. В [4] создана общая нелинейная теория наследственной теории вязкоупругости, в которой применяется принцип обращения нелинейных операторов и предложены методы решения задач линейной и нелинейной теории термовязкоупругости, рассмотрены задачи динамики и прочности. Прогнозирование деформационных процессов текстильных материалов проводится на основе известных интегральных соотношений Больцмана-Вольтера для процессов нелинейно-наследственной релаксации и нелинейно-наследственной ползучести соответственно.

Анализ существующих методов математического моделирования показал, что сегодня на практике для количественного прогнозирования поведения материалов применяются методы, в основе которых лежат уравнения, полученные при использовании классических

линейных механических моделей в виде гукских пружин, демпферов и их комбинаций, то есть классических линейных элементов Максвелла, Кельвина-Фойгта и др. При этом большинство материалов уже на начальном этапе механических воздействий проявляют нелинейные реологические свойства, поэтому для них разработан ряд теорий нелинейной вязкоупругости. Подобные теории нелинейной вязкоупругости строятся посредством обобщения уравнений линейной вязкоупругости с помощью известных представлений о температурно-сило-деформационно-временных аналогиях. Но все основанные на данных теориях методы математического моделирования и расчетного прогнозирования применимы в достаточно узком диапазоне механических нагрузок, деформаций и температур, и не позволяют, например, предсказать некоторые особенности поведения материалов. Кроме того, такие методы не охватывают и не объясняют все процессы, происходящие, в синтетических нитях и волокнах [5]. Это связано с тем, что в интегральных уравнениях вязкоупругости не учитываются физические особенности полимеров. Накопленный в СПГУТД опыт (Сталевич А.М., Демидов А.В., Макаров А.Г.) в отношении математического моделирования вязкоупругости полимерных материалов позволяет построить адекватную модель вязкоупругости для ориентированных синтетических полимерных материалов. А анализ экспериментальных данных по исследованию процессов ползучести и релаксации механического напряжения позволяет сделать вывод о справедливости температурно-сило-временной аналогии при описании процесса ползучести и температурно-деформационно-временной аналогии при описании процесса релаксации механического напряжения применительно к большинству полимерных объектов. Однако само существование этих аналогий требует построения физической теории, позволяющей не только описать деформационные процессы с позиции современных представлений о кинетической природе микромеханизмов деформирования, но и указать пределы применимости методов, построенных на тех или иных аналогиях.

В настоящее время широкое распространение получают композиционные материалы. В частности, уже описаны свойства композитов, изготовленных с использованием льна и смолы на основе концентрата соевого белка и нано-глины. Армированные таким образом пряжи льна показали превосходную прочность на растяжение и изгиб [6].

Применения для моделирования деформационных процессов интегральных соотношений позволяет расширить области доверительного прогнозирования. Результаты аналитических расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными [7]. Таким образом, в работе изложены проблемы анализа деформационных свойств текстильных материалов на основе математической модели с нелинейно-вязкоупругими свойствами, позволяющей увеличить диапазоны времени, нагрузки и деформации.

Список использованных источников

1. Богатырева М.С. Механика текстильных материалов: сб. лабораторных работ / М.С. Богатырева, М.Н. Ерохова. – 1-е изд. – Кострома: Изд-во Костромского государственного технологического университета, 2006.
2. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант прогнозирования нелинейно-наследственной вязкоупругости полимеров. Прикладная механика и техническая физика, 2007.
3. Колтунов М.А., Ползучесть и релаксация.-М.: Высшая школа, 1976.
4. Ильюшин А.А., Победря Б.Е., Основы математической теории термовязкоупругости, М.: Наука, 1970.
5. Головина, В.В. Методика расчетного прогнозирования деформационных и релаксационных процессов полимерных материалов/ В.В. Головина, П.П. Рымкевич, А.А. Романова//Технико-технологические проблемы сервиса. – 2013.
6. Huang, Xiaosong. Preparation and investigation of soy protein based environmentally friendly plastics and composites. Cornell University, ProQuest Dissertations Publishing, 2007.
7. Абдиева Г.Б., Ярашов Ж.А. Прогнозирование нелинейно-наследственной вязкоупругости текстильных материалов. Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) # 5 (14), 2015 | ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ.