

Определение характеристик нелинейно вязкоупругих материалов из экспериментов с высоко амплитудными сдвиговыми гармоническими колебаниями

Научный руководитель – Георгиевский Дмитрий Владимирович

Стеценко Нина Сергеевна

Кандидат наук

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра теории упругости, Москва, Россия

E-mail: stetsenkonina@mail.ru

Задачи идентификации материальных функций из установочных экспериментов являются заключительным звеном между теоретической разработкой определяющего соотношения и применением его к моделированию поведения материалов на практике. Измерения в испытаниях должны быть воспроизводимы и точны, они должны обеспечивать достаточной информацией о материале. С этих позиций рассматривается эксперимент о сдвиговых гармонических колебаниях с большой амплитудой. Известно, что испытания на сдвиговые колебания малой амплитуды являются классическим методом исследования линейных вязкоупругих моделей, благодаря строгому теоретическому фундаменту (преобразование Фурье и ряды Фурье), а также легкости их реализации. Однако в большинстве технологических процессов деформации могут быть большими и быстрыми. Таким образом, для исследования и количественной оценки поведения нелинейных вязкоупругих материалов актуально получение протоколов испытаний и для случая колебаний с большими амплитудами. Оказывается существенным различие в анализе результатов эксперимента при малых и больших амплитудах. Линейно вязкоупругие модули находятся исходя из предположения чисто синусоидального (линейного) отклика напряжений, в то время как нелинейная реакция напряжения не является чисто синусоидальной. Это говорит о том, что определение вязкоупругих модулей при большой амплитуде колебаний нуждается в корректировке. Методология эксперимента с высоко амплитудными гармоническими сдвиговыми колебаниями стала популярна для широкого класса материалов среди реологических исследований начиная с 1962 года. Она применяется к полимерным расплавам и растворам, суспензиям, эмульсиям, биологическим макромолекулам, полиэлектролитам, поверхностно-активным веществам, магнитореологический эластомерам, полимерным нанокомпозитам и к другим вязкоупругим материалам. Измерения проводятся с помощью различного типа реометров (с регулируемой деформацией, регулируемым напряжением, ротационный и др.). Протоколы рассматриваемых испытаний в широком диапазоне частот и амплитуд деформации показывают высокое качество для различных сложных жидкостей.

Для обобщения элементарной модели Максвелла на область конечных деформаций с объективной производной Гордона-Шоуолтера получено решение задачи, рассматривающей кинематику высоко амплитудных сдвиговых колебаний. Исследуется возможность определения характеристик материала (динамических модулей и др.) с помощью рассматриваемой модели.

Источники и литература

- 1) Macosko C.W. (1994) Rheology: principles, measurements, and applications. Wiley-VCH, New York, p 218

- 2) Ewoldt R.H., Winter P., Maxey J., McKinley G.H. (2011) Large amplitude oscillatory shear of pseudoplastic and elastoviscoplastic materials // MIT Open Access Articles
- 3) Виноградов Г.В., Малкин А.Я. (1977) Реология полимеров, "Химия Москва, 440 с
- 4) Cho K.S., Ahn K.H., Lee S.J. (2005) A geometrical interpretation of large amplitude oscillatory shear response // Journal of Rheology 49(3), 747-758
- 5) Yu W., Wang P., Zhou C. (2009) General stress decomposition in nonlinear oscillatory shear flow // Journal of Rheology 53(1), 215-238
- 6) Мартынова Е.Д., Стеценко Н.С. (2017) Использование однопараметрического семейства объективных производных Гордона-Шоуолтера для описания конечных деформаций вязкоупругих тел // Вестник МГУ, Серия 1, 6, 64-68
- 7) Мартынова Е.Д. (2019) Процессы кручения цилиндрических образцов из несжимаемых вязкоупругих материалов Максвелловского типа // ПММ, 83(1), 95-106
- 8) Стеценко Н.С. (2020) Нелинейные эффекты, моделируемые вязкоупругой моделью максвелловского типа при конечных деформациях // Изв. РАН МТТ, 5, 76-86