УДК 532.137.3

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА КРУТИЛЬНО-КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ВИСКОЗИМЕТРИИ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

И.В. Елюхина

Рассмотрены вопросы восстановления параметров колебаний на основе точных решений для линейных жидкостей на примере реостабильных образцов.

Часто, например, при исследовании идентифицируемости системы и моделировании условий колебаний, приходится решать обратную задачу, т.е. определять период τ и декремент затухания δ при заданных свойствах среды и условиях опыта. Для линейных сред в регулярном режиме колебаний задача при использовании в приложениях сложности не представляет, т.к. известно точное решение (назовем его формулой Ф1), в т.ч. для переходных процессов (Ф2) ([164, 219] в [1])). Для нелинейных сред имеются аналитические зависимости для прямой задачи [1], обладающей предпочтением при оценке параметров, т.к. переходные процессы можно не учитывать, используя Ф1; меньше чувствительность к ошибкам в начальном угловом смещении в i-м полупериоде α_i, т.е. в скорости сдвига $\widetilde{D}_i = \left|\mathrm{Re}(-\sqrt{-1}\xi_{0эф_i}\theta_i\alpha_i\sqrt{p_i}\,j_{21}(\sqrt{p_i}\xi_{0эф_i}))\kappa_i\right|$ (Ф3), где j_{21} - отношение функций Бесселя 1-го рода 2-го и 1-го порядков, $p=(\delta/2\pi+\sqrt{-1})\theta$, κ - коэффициент усреднения i, $\theta_i=\tau_0/\tau$, τ_0 - для пустого тигля, ξ_0 - отношения радиуса тигля к толщине погранслоя, $\xi_{0эф}$ -эффективное ξ_0 для нелинейной с $\alpha_0 \sim 0{,}1$; случай длинного тигля [1].

В обратной задаче для i -ой точки определяется p_i (и $\widetilde{D}_i$ по $\xi_{0эф_i}$, например, методом последовательных приближений), затем по $\delta_i - \alpha_{i+1}$, проводится расчет для $(i+1)$ -ой точки и т.д. Естественным представляется вариант 1, где в Ф3 используется p_i, найденное по Ф2. Но κ_i в Ф3 строится с учетом свойства изосинхронности для линейной среды, что приводит к ошибке, особенно при $i=1$ (рис. 1: $\widetilde{D}_1$ больше, $\xi_{0эф}$ меньше, δ больше и изменение $\delta(i)$ сильнее; A - отношение моментов инерции среды и пустой системы). Точность не хуже 0,1% при разных i обеспечивает вариант 2, в котором $\widetilde{D}_i$ находится по Ф2 или интегрально в рамках численной модели. Его можно порекомендовать для практических целей. Самым простым является вариант 3, в котором расчет выполняется по Ф1 и Ф3, но тогда ошибка в несколько процентов в 1-й точке отражается на последующих i (рис. 2: «реальное» течение совпадает с кривой 2). В модификации D усредняется по 2-ой четверти периода при $i=1$. Метод дает хорошие результаты при исследовании вторичных течений в нелинейных средах. Заметим, что для сред с упругостью таковые выражены слабее, обычно профиль скорости менее выпуклый, а область развитого течения больше. При оценке в случае нелинейности здесь вводится эффективное время релаксации, зависящее о $\xi_{0эф}$.

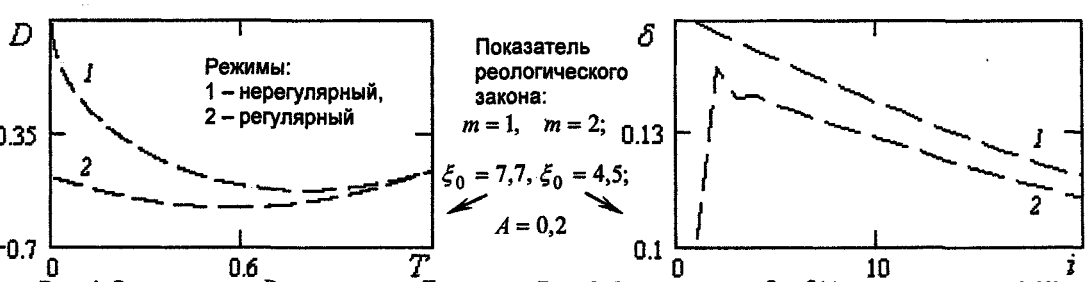

Рис. 1. Зависимость D от времени T

Рис. 2. Зависимость $\delta=\delta(i)$ для вариантов 3 (1) и 2 (2)

Литература

1. Елюхина И.В. Исследование неньютоновских свойств высокотемпературных жидкостей. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. - 140 с.

Поступила 1 ноября 2006 г.