

Рецензия

на статью «Расчет неизотермического течения полимерной жидкости в канале с эллиптическим сечением»

(авторы: Б.В. Семисалов, И.А. Бугоец и Л.И. Куткин)

В работе изучается обобщение на неизотермический случай (дополнительно учитывается сила тяжести) базовой модели Виноградова-Покровского, описывающей течения вязкоупругой полимерной жидкости в бесконечном канале с эллиптическим течением.

В основе модели Виноградова-Покровского (Г.В. Пышнограй, В.Н. Покровский, Ю.Г. Яновский, Ю.Н. Карнет, И.Ф. Образцов «Определяющее уравнение нелинейных вязкоупругих (полимерных) сред в нулевом приближении по параметрам молекулярной теории и следствия для сдвига и растяжения», ДАН, 1994, т. 339, №5, с. 612-615; V. N. Pokrovskii. The mesoscopic theory of polymer dynamics. Springer Ser. Chem. Phys., 95, Springer, Dordrecht. 2010) лежит следующее физическое представление о полимерной среде: она представляет собой суспензию макромолекул полимера, двигающихся в анизотропной среде, состоящей из растворителя и других макромолекул. Влияние внешней среды на выбранную макромолекулу аппроксимируется воздействием на цепочку броуновских частиц, которая моделирует достаточно большую часть макромолекулы.

Оказывается, что сформулированная физическая модель оказалась эффективной при описании медленных релаксационных процессов в линейных полимерах.

Если использовать механическую аналогию, то можно интерпретировать броуновские частицы как шары, а упругие силы между ними как пружинки. Так, в простейшем случае $N+1$ ($N = 1$) гауссова цепь броуновских частиц вместе с силами взаимодействия превращается в гантель (два шара связаны пружинкой).

В частности, модель Виноградова-Покровского позволяет получить ненулевые значения второй разности нормальных напряжений (V.N. Polrovski, Statistical mechanics of dilute suspension. Nauka, Moscow. 1978)

В работе изучается в определенной степени аналог течения Пуазейля-Хагена для неизотермического случая вязкой жидкости (модель Навье-Стокса, Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1978): в уравнении Эйлера участвует только одна компонента вектора скорости вдоль оси цилиндра. При этом перепад давления на отрезке по x длины h зависит от времени.

Основные моменты исследования смешанной задачи (6), (7), (11)-(13) при дополнительном условии $Y_b^n(t_n, \gamma) \equiv Y_b^n(t)$ (здесь t_n - момент времени, переменная γ меняется на границе) (хотя, на мой взгляд, последнее условие несущественно): применение метода коллокаций; выбор конформного преобразования $[-1,1]$ с нужным свойством (15) — в дальнейшем, фактически используется бесконечная гладкость решения по переменной ζ ; бариметрическая интерполяция неизвестных величин с весами ω_k в узлах $\hat{\zeta}_k$; итерации по времени (зависимость неизвестных величин на слое с номером $n+1$ от значений на слоях с номерами n , $n-1$ и $n-2$); итерации по нелинейности на каждом временном слое.

При этом, по моему мнению, решающее влияние на сходимость построенного алгоритма (см., например, замечание 1) оказывает эллиптичность оператора $\tilde{\Delta}$ в уравнении (9).

Получены важные результаты, связанные с характером поведения решения с ростом времени в зависимости от изменения градиента давления, изменения температуры на стенке канала и изменения продолжительности действия импульса. Точнее, претерпевают изменения усредненные характеристики решения: поток через сечение цилиндра и средняя температура. В частности, обнаружены два режима течения: режим, в котором наблюдается разрушение численного решения и режим, в котором после действия импульса решение не разрушается и, более того, устанавливается.

Считаю, что работа Б.В. Семисалова, И.А. Бугоец и Л.И. Куткина «Расчет неизотермического течения полимерной жидкости в канале с эллиптическим сечением»

соответствует критериям, предъявляемым к статьям в журнале «Сибирские электронные математические известия» и может быть опубликована.

д.ф.-м.н.
11.11.2024

Ткачев Д.Л.