

0.1. Семисалов Б.В., Брындин Л.С., Беляев В.А., Горынин А.Г. Численный анализ стационарных течений полимерной жидкости и его верификация

Исследование макроскопической динамики растворов и расплавов полимерных материалов с учётом их микроструктуры представляет фундаментальную проблему современной науки, имеющую прямое отношение к созданию новых материалов с заданными реологическими свойствами, а также к развитию технологий экструзии, печати и напыления для производства полимерных изделий. Возможность учёта ориентации, размеров и других свойств макромолекул полимера при моделировании таких процессов может быть реализована благодаря применению мезоскопического подхода [1]. Однако строгий математический анализ разрешающих нелинейных уравнений мезоскопических моделей наталкивается на существенные затруднения. Для поиска их решений необходима разработка и верификация специальных вычислительных алгоритмов, учитывающих особенности исследуемых процессов.

В данной работе использована мезоскопическая модель, полученная на основе реологических соотношений Покровского — Виноградова [2] и описывающая стационарные неизотермические течения несжимаемой вязкоупругой полимерной жидкости в канале с эллиптическим сечением. Для численного решения уравнений модели разработаны три алгоритма, использующие принципиально разные подходы к построению приближённых решений:

- метод коллокации и наименьших квадратов [3], основанный на кусочно-полиномиальных приближениях и решении переопределённых систем алгебраических уравнений;
- метод конечных элементов, использующий слабые постановки и методы решения систем с большими разреженными матрицами;
- нелокальный метод без насыщения [4], основанный на переходе в эллиптическую систему координат, применении глобальных интерполяций и решении матричных уравнений типа Сильвестра.

Корректность работы алгоритмов проверена при решении тестовой задачи. Разработанные алгоритмы использованы для численного анализа течений полимерной жидкости в широком диапазоне параметров. Сопоставление результатов работы алгоритмов демонстрирует их высокую точность и свидетельствует о том, что решение исходной нелинейной проблемы действительно существует и рассчитано верно. Проведён анализ особенностей уравнений модели и предложены подходы, позволяющие повысить быстродействие и точность разработанных методов за счёт учёта таких особенностей.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-71-00071).

Научные руководители — д.ф.-м.н. Блохин А.М., д.ф.-м.н. Голушко С.К., д.ф.-м.н. Шапеев В.П.

Список литературы

- [1] Алтухов Ю.А., Гусев А.С., Пышнограй Г.В. Введение в мезоскопическую теорию текучести полимерных систем / Барнаул: Изд-во АлтГПА, 2012. 121 с.
- [2] Блохин А.М., Семисалов Б.В. Расчёт стационарных неизотермических МГД течений полимерной жидкости в каналах с внутренними нагревательными элементами // Сиб. журн. индустр. матем. 2020. Т. 23. № 2. С. 17–40.
- [3] SHARPEEV V., GOLUSHKO S., BRYNDIN L., BELYAEV V. The least squares collocation method for the biharmonic equation in irregular and multiply-connected domains // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. 2019. Vol. 1268. N. 012076. P. 012076-1–012076-7.
- [4] Семисалов Б.В. Нелокальный алгоритм поиска решений уравнения Пуассона и его приложения // Журн. выч. мат. и мат. физ. 2014. Т. 54. № 7. С. 1110–1135.