

Электрокапиллярный разгон капли с поверхностным зарядом двойного слоя в электрическом поле

Суворов Александр Александрович
аспирант

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: suvorov.aleksandr@gmail.com

Работа посвящена численному анализу полученного ранее в изображениях по Лапласу решения задачи об электрокапиллярном разгоне проводящей капли в постоянном электрическом поле [1], а именно: нахождению оригиналов преобразования Лапласа и исследованию некоторых предельных случаев.

Предположение, что электрокапиллярный дрейф происходит при малых числах Рейнольдса, позволяет выписать уравнения Навье-Стокса без учета квадратичных членов инерции (приближенные уравнения Стокса). Электрический потенциал в задаче может быть найден из уравнения Лапласа в силу предположения о нулевой объемной плотности электрического заряда вне пределов двойного электрического слоя. Тогда, гидро- и электродинамическая части задачи связаны только через граничные условия. Полученная система в общем виде не имеет аналитического решения. Однако преобразование Лапласа по времени позволяет перейти от исходных уравнений и граничных условий к системе линейных алгебраических уравнений, в которой неизвестные параметры дополнительно зависят от параметра преобразования Лапласа s .

Структура решения полученной системы уравнений не позволяет найти оригиналы преобразования Лапласа в аналитическом виде за исключением двух предельных случаев. Один из них соответствует бесконечно большим значениям кинематической вязкости капли, что противоречит физической постановке задачи и поэтому здесь не рассматривается. Второй - бесконечно большим значениям параметра s , что соответствует малым значениям времени t .

В общем случае исследование оригиналов преобразования Лапласа было проведено с использованием формул численного обращения, имеющим наивысшую степень точности [5]. Анализ времен разгона капли для характерных значений физических параметров капли и электролита показывает довольно резкое ($t = 0.05 \div 0.5$ с) достижение скорости стационарного движения, полученной Левичем [2]. При достижении характерного времени разгона построенные картины линий тока практически соответствуют стационарному решению Левича: внутри капли реализуется сферический вихрь Хилла, а снаружи – потенциальный поток.

Литература

1. Современные проблемы электрофизики и электрогидродинамики жидкостей. Сборник докладов VIII Международной научной конференции 26 июня – 28 июня 2006 года. Санкт-Петербург. – Спб.: ВВМ, 2006
2. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. – М.: Физматгиз, 1959
3. Натяганов В.Л. ЭКВ – модель сферического вихря Хилла-Тейлора. ДАН, 2001, т.381 №1, с. 50-52
4. Слезкин Н.А Динамика вязкой несжимаемой жидкости М.:1955
5. Крылов В.И., Скобля Н.С. Методы приближенного преобразования Фурье и обращение преобразования Лапласа М.: Наука, 1974.