

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ ПО ДЕФОРМИРОВАННОСТИ ПО ДАННЫМ ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ

*Устинов Владислав Дмитриевич¹
Тархов Андрей Евгеньевич²*

1: *Аспирант, факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

2: *студент, Физический факультет и Международнoй лазерный центр*

МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: vladustinov90@gmail.com, tarkhov.andrey@gmail.com

Лазерная дифрактометрия эритроцитов (эктацитометрия) — это эффективная методика определения деформируемости красных клеток крови — эритроцитов *in vitro* (вне организма). При освещении суспензии клеток лазерным пучком с длиной волны на порядок меньше размера эритроцита, в дальней зоне прямой дифракции возникает дифракционная картина — мало-угловое распределение интенсивности света, рассеянного на тысячах клеток, случайно расположенных в некоторой области внутри потока, освещенной лазерным пучком. Помещая эритроциты в куэттовский поток с известной сдвиговой скоростью, по дифракционной картине определяют индекс деформированности, т.е. среднюю меру вытянутости клеток под действием сдвиговых напряжений в потоке жидкости. В настоящее время в эктацитометрии измеряют только среднее значение деформированности [1]. Недавно была показана возможность определения второго момента распределения клеток по деформированности [2]. В то же время актуальной является задача определения не только первого и второго моментов, но всего распределения клеток по деформированности в потоке.

Цель данной работы - обобщить обратную задачу о восстановлении распределения частиц по размерам [3] до случая вытянутых частиц, обладающих уже двумя характерными размерами a и b , и таким образом, восстановить всю функцию распределения клеток по вытянутости $\omega(\varepsilon = \frac{a}{b})$.

Используя предположение о том что все клетки ориентированы вдоль параллельных линий скоростей жидкости сдвигового потока, как это имеет место в эктацитометрии, можно записать следующее

уравнение [2]:

$$\int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} I(\theta, \varphi, \varepsilon) \omega(\varepsilon) d\varepsilon = I(\theta, \varphi), \quad (1)$$

где $I(\theta, \varphi, \varepsilon)$ — это интенсивность света, рассеянного на одиночной клетке с отношением размеров $\varepsilon = \frac{a}{b}$ в направлении θ, φ ; $I(\theta, \varphi)$ — это известная из эксперимента интенсивность света на экране наблюдения в направлении θ, φ ; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ — наименьшее и наибольшее возможные значения ε соответственно.

Применяя процедуру регуляризации по Тихонову, мы решили уравнение (1) численно. Правая часть уравнения была специально зашумлена с помощью генератора случайных чисел. Результаты расчётов показали, что целый ряд типовых распределений $\omega(\varepsilon)$, включая гауссово, бимодальное и тримодальное, восстанавливаются при уровне ошибки в $I(\theta, \varphi)$ вплоть до 13% с точностью, приемлемой для практического применения, см. рис 1.

Таким образом, данная работа существенно расширяет возможности современной эктацитометрии по диагностике деформируемости эритроцитов, а также предлагает решение обратной задачи о распознавании распределения частиц по вытянутости в рамках лазерной дифрактометрии.

Иллюстрации

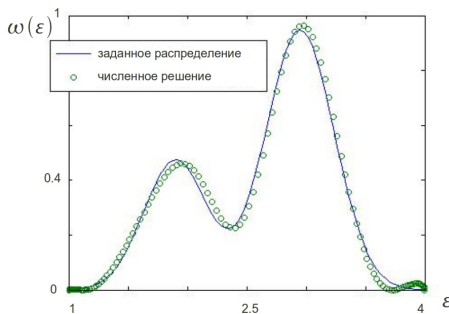


Рис. 1: Восстановление распределения по деформированности. Сплошная линия иллюстрирует точное заранее заданное распределение по деформированности. Вторая линия иллюстрирует результат работы алгоритма.

Литература

1. Никитин С. Ю., Луговцов А. Е., Приезжев А. В., Устинов В. Д. Связь видности дифракционной картины с дисперсией размеров частиц в эктацитометре // Квантовая электроника. 2011. Т. 41, № 9, С. 843–846.
2. Nikitin S. Yu., Priezhev A. V., Lugovtsov A. E. Analysis of laser beam scattering by an ensemble of particles modeling red blood cells in ektacytometer // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2013. V. 121, P. 1–8.
3. Ван Я., Чжан Е, Лукьяненко Д. В., Ягола А. Г. Метод решения обратной задачи восстановления функции распределения размеров частиц аэрозоля в атмосфере на множестве кусочно-выпуклых функций // Вычислительные методы и программирование. 2012. Т. 13, С. 49–66.