

В. И. Таранов, С. А. Леонтьев

ОРИЕНТАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ПЛОСКОГО СЛОЯ ИЗ РАВНОБЕДРЕННЫХ ТРЕУГОЛЬНИКОВ В ПОЛЕ ТЯЖЕСТИ

На плоской вертикальной модели насыпного слоя из равнобедренных треугольников исследованы ориентационные свойства. Найдены распределения по углам, высоте слоя, горизонтали. Получена приближенная эмпирическая формула для плотности вероятности распределения треугольников по углам. Дано сравнение с опытом.

The article analyses orientation properties on a vertical flat model of bulk layer from isosceles triangles. The authors present the distribution by angles, the height of the layer, and horizontal position and approximate empiric formula for probability density distribution by angles.

Ключевые слова: слоистая структура, моделирование.

Keywords: layer structure, modelling.

Макроскопические свойства полупорядоченных систем, состоящих либо из несферических частиц, насыпанных в слои, либо частиц с сильно вырожденным ориентационным взаимодействием, например жидкие кристаллы, пленочные покрытия, насыпные слои и т.д., в значительной степени определяются угловым распределением частиц. Для описания таких систем удобно использовать плотность вероятности распределения частиц по углам [1]. Однако аналитическое представление выражения плотности вероятности для реальных систем представляет значительные трудности [2]. Поэтому, вероятно, изучение таких систем на механических моделях может оказаться полезным для понимания более сложных молекулярных структур.

Схема установки и методика проведения экспериментов была изложена ранее [3]. Суть ее заключалась в том, что в прямоугольную вертикальную плоскую щель постоянной толщины 7,0 мм бросались случайно ориентированные равнобедренные треугольники с основанием 12 мм и боковыми сторонами 24 мм из полиуретана. Образующийся слой фотографировался и снимок обрабатывался на компьютере. Для этого задавались координаты центра масс всех треугольников и угол ориентации между биссектрисой острого угла вектором из центра масс треугольника к вершине острого угла, и горизонтальной осью. Угол менялся в пределах от 0 до 2π . При каждом эксперименте в слое было 1000 частиц. На рисунке 1 приведена фотография одного из вариантов. Всего обработано пять снимков. Вначале была исследована зависимость распределения среднего угла по горизонтали и вертикали. Для этого изображение слоя разбивалось на полосы шириной 2,0 см и для каждой частицы, центр масс которой оказался

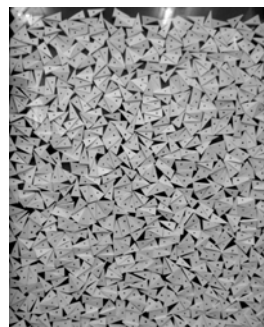


Рис. 1. Насыпной слой

в полосе, находился угол наклона φ и затем рассчитывался средний угол наклона в данной полосе.

На рисунках 2 и 3 представлены усредненные кривые зависимости среднего угла $\varphi_{\text{ср}}$ по горизонтали X к вертикали Y. Из рисунков видно, что средневзвешенное среднее значение φ составляет около 160° . Однако в самой структуре слоя однозначно наблюдается волновая структура, обусловленная упорядочивающим влиянием стенок камеры на прилегающие частицы и передающее упорядочивание через геометрию треугольников на внутренние области слоя. Плотность вероятности $\rho(\varphi)$ распределения частиц в слое находилась следующим образом. Весь диапазон изменения углов разбивался на секторы по 10° , считалось полное число частиц с углом ориентации в данном секторе $\Delta N(\varphi)$ и рассчитывалось $\rho(\varphi)$ по формуле

$$\rho(\varphi) = \frac{\Delta N(\varphi)}{N\Delta(\varphi)}. \quad (1)$$

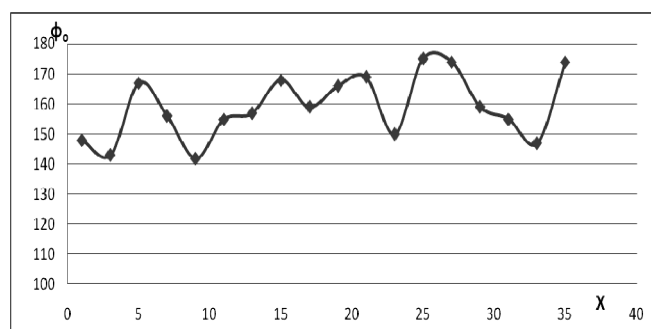


Рис. 2. Зависимость среднего угла наклона по горизонтали

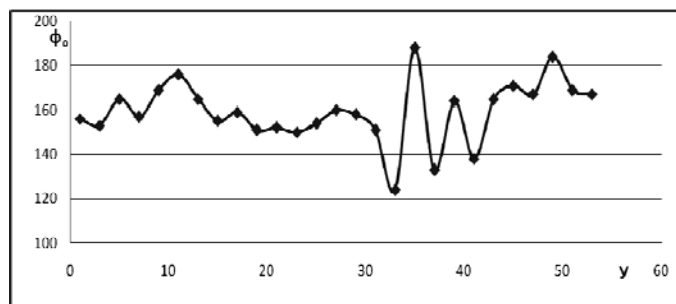


Рис. 3. Зависимость среднего угла наклона по вертикали

Для того чтобы убрать ориентирующие влияние стенок камеры на $\rho(\varphi)$, не учитывались частицы, находящиеся в полосе 5,0 см от стенок. На рисунке 4 приведена усредненная кривая $\rho(\varphi)$.

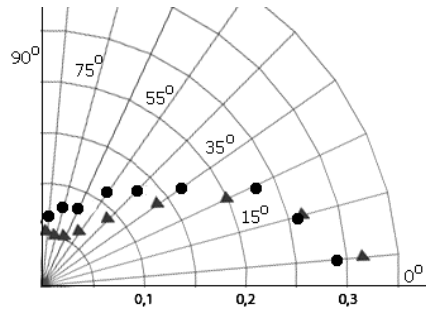


Рис. 4. Усредненная кривая $\rho(\varphi)$

Для аналитического описания $\rho(\varphi)$ была использована предложенная ранее зависимость (3) в виде

$$\rho(\varphi) = a \cos^4 \varphi + c \quad (2)$$

Аппроксимация (2) является однопараметрической, поскольку из условия нормировки следует

$$\frac{3\pi}{4}a + 2\pi c = 1 \quad (3)$$

Удобно в качестве определяющего параметра задать ρ_0 , значение $\rho(\varphi)$ при $\varphi = 0$, тогда

$$\alpha = \frac{8}{5} \left(\rho_0 - \frac{1}{2\pi} \right); \quad c = \rho_0 - a. \quad (4)$$

На рисунке 5 представлена экспериментальная кривая для участка $0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$ и рассчитанная по (2) с учетом (4) при $\rho_0 = 0,31$. Как следует из рисунка 5, формула (2) передает основные закономерности $\rho(\varphi)$. Однако, было бы желательно получить выражения для $\rho(\varphi)$ исходя из механики формирования слоя.

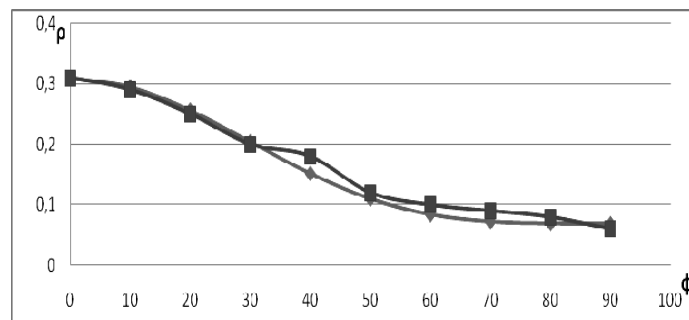


Рис. 5. Экспериментальная кривая для участка $0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$

Таким образом, анализ ориентационной структуры плоского слоя из треугольников позволяет выявить основные закономерности фор-

мирования полуупорядоченных структур в силовом поле. Более того, подтверждена волновая структура слоя.

Список литературы

1. *Займан Дж.* Теоретическая физика однородно неупорядоченных систем. М., 1982.
2. *Клеман М., Лаврентович О. Д.* Основы физики частично упорядоченных систем. М., 2007.
3. *Таранов В.И., Тосунова Е.Д.* Исследование пространственно-распределенной стохастической структуры из равнобедренных треугольников на плоской модели // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2008. С. 77–80.

Об авторах

В.И. Таранов – канд. физ.-мат. наук, доц., РГУ им. И. Канта.
С.А. Леонтьев – студ., РГУ им. И. Канта.

Authors

V. Taranov – Dr., IKSUR.
S. Leontyev – student, IKSUR.